République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE EN APD DU DEDOUBLEMENT DE LA RN 14 RELIANT TIARET ET MELLAKOU SUR 8KM AVEC LA CONCEPTION DE TROIS CARREFOURS

Présenté par :

RAFIK Larbi

Encadré par :

Mr A. GOUMETTRE

Promotion 2021/2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Résumé :

Ce travail consiste à étudier un projet routier, sous-titre (étude en APD du dédoublement de la RN°14 du PK 173+000 au PK 180+700 avec la conception de trois carrefours).

Le travail comporte : Une étude de trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu ; la conception de la géométrie : le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers et la signalisation adéquate ; l'étude de la partie géotechnique et l'interprétation des résultats ; le dimensionnement de corps de chaussée ; l'étude de l'assainissement routier ; l'étude de l'impact du projet sur l'environnement et enfin une estimation du cout total du projet.

الملخص:

هذا العمل يتضمن دراسة عملية للمشروع الذي يحمل عنوان 'دراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 14 على طول 7,6 كم مع تصميم 3محاوير دوران.

يتضمن العمل: دراسة حركة المرور لتبرير فائدة التطوير المخطط له. تصميم الشكل الهندسي: المقطع الأفقي، المقطع الطولي ، المقطع العرضي واللافتات المناسبة ؛ دراسة الجزء الجيوتقني وتفسير النتائج ؛تحجيم سمك الطريق , دراسة الصرف الصحي للطرق ؛ دراسة اثر المشروع على البيئة واخيرا تقدير التكلفة الاجمالية للمشروع.

Summary:

This work consists in studying a road project, under title (study in APD of the duplication of the RN°14 from PK 173+000 to PK 180+700 with the design of three roundabouts).

The work includes A traffic study to justify the usefulness of the planned development; the design of the geometry: the horizontal layout, the longitudinal profile, the cross-section and the appropriate signage; the study of the geotechnical part and the interpretation of the results; the sizing of the roadway; the road sanitation study; the study of the impact of the project on the environment and finally an estimate of the total cost of the project.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu de m'avoir donné la patience et le courage pour aller jusqu'au bout de mes études.

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à mon encadreur Monsieur GOUMETTRE Ahmed pour son aide et ses conseils.

Ainsi que pour Monsieur SASSI Mourad pour sa Collaboration.

Je tiens à remercier ma famille pour son soutien et son sacrifice.

Je tiens également à remercier tous mes amis.

Finalement, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant mes années d'études. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A ma grand-mère : Achoura

A ma chère sœur : Saliha

A mon cher frère : Rabah

A mon ange : Lilia

A mes proches amis qui ont été à côté de moi ;

A l'ensemble des amis de l'école des travaux publics.

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP sans exception.

Liste des abréviations :

- RN : route nationale
- PK : Point kilométrique
- DTP : direction des travaux publics
- ARP : aménagement des routes principales
- ANP : armée nationale populaire
- LTPO : laboratoire des travaux publics ouest
- NF P : normes françaises pour bâtiments et génie civile
- RHm : rayon horizontal minimal absolu
- RHn : rayon horizontal normal
- Rhd : rayon au devers minimal
- Rhnd : rayon minimal non-déversé
- VB : vitesse de base
- BV : bassin versant
- Rh : rayon hydraulique
- Ø : pour les diamètres
- OA : ouvrage d'art
- Bb : béton bitumineux
- Gb : Grave bitume
- Gnt : Grave non-traitée

Listes des figures

Figure I.1. Localisation de la wilaya de Tiaret. 2

Figure I.2. Classification sismique des wilayas d'Algérie (RPOA 2008). 3

Figure I.3. Réseau routier de la wilaya de Tiaret. 4

Figure I.4. Localisation du projet..... 5

Figure II.1. Schéma des variantes. 7

Figure II.2. Constructions à gauche de la route au PK 173+400. 9

Figure II.3. Propriété privée au passage du Douar au PK 177+000..... 9

Figure II.4. La base de vie de l'entreprise de ETHRB Haddad. 10

Figure II.5. Construction de l'ANP. 10

Figure III.1. Localisation des postes. 14

Figure III.2. Typologie des véhicules dans le post 2. 15

Figure IV.1. Eléments de clothoïde. 26

Figure V.1. Exemple de raccordement du profil en long (cas convexe). 41

Figure VI.1. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante. 47

Figure VII.1. La méthode utilisée pour calculer les cubatures. 50

Figure VII.2. Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale). 51

Figure VII.3. Méthode de la moyenne des aires (projection verticale). 51

Figure VIII.1. Carte géologique de la région. 54

Figure IX.1. Démarche du catalogue. 71

Figure IX.2. Types de structures. 75

Figure IX.3. Classe de trafic poids lourd. 76

Figure IX.4. Les classes de sol-supports. 76

Figure IX.5. Epaisseur du matériau de couche de forme. 78

Figure IX.6. Zone climatique..... 78
Figure IX.7. Types de structures..... 78
Figure IX.8. Valeurs du coefficient d'agressivité A. 80
Figure IX.9. Caractéristiques des matériaux enrobés. 81
Figure IX.10. La température équivalente. 82
Figure IX.11. Le risque du projet. 82
Figure IX.12. Fractile de la loi normale 82
Figure IX.13. Vérifications de la structure 01(avec couche de forme). 84
Figure IX.14. Vérification de la structure 02..... 84
Figure X.1. Différents types de carrefour plan..... 86
Figure X.2. Terminologie d'un carrefour giratoire. 88
Figure X.3. Carrefour type Y Source b40. 89
Figure X.4. Carrefour type Y Source b40. 90
Figure X.5. 1er carrefour au PK 175+200..... 91
Figure X.6. 2ème carrefour au PK 177+800. 92
Figure X.7. 3ème carrefour au PK 180+750. 92
Figure XI.1. Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper. 97
Figure XI.2. Le bassin versant d'OUED MINA. 97
Figure XI.3. Dimensions d'un fossé standard. 104
Figure XII.1. Caractéristiques des lignes. 108
Figure XII.2. Modulation des lignes discontinues. 108
Figure XII.3. Paramètres de l'implantation des luminaires 112
Figure XIII.1. L'ouvrage sur Oued Mina. 113

Listes des tableaux

Tableau II.1 . Comparaison entre les variantes. 11

Tableau III.1 Résultats de l'affectation du trafic. 15

Tableau III.2 Coefficient d'équivalence. 18

Tableau III.3 Les valeurs de K1. 19

Tableau III.4 Les valeurs de K2. 19

Tableau III.5 Les valeurs de la capacité théorique 19

Tableau III.6 Résultat de calcul du nombre de voies. 20

Tableau IV.1 Rayons du tracé en plan. 24

Tableau IV.2 Paramètres fondamentaux. 31

Tableau V.1 Caractéristiques du profil en long. 40

Tableau V.2 Tableau de comparaison. 45

Tableau VI.1 Profil en travers type proposé. 49

Tableau VIII.1 Puits de reconnaissance. 56

Tableau VIII.2 Les sondages carottés. 57

Tableau VIII.3 Essai de pénétration dynamique. 58

Tableau VIII.4 Résultats des essais d'identification. 58

Tableau VIII.5 Essai de portance. 60

Tableau VIII.6 Essai d'identification. 61

Tableau VIII.7 Résistance de pointe enregistrée. 62

Tableau VIII.8 Classification GTR des échantillons prélevés des puits. 63

Tableau VIII.9 Conditions d'utilisation du sol A1 en remblais. 63

Tableau IX.1 Les valeurs des coefficients d'équivalence. 69

Tableau IX.2 Classe de sol support. 72
Tableau IX.3 Choix des températures équivalentes. 72
Tableau IX.4 Les classes de sol. 73
Tableau IX.5 Réseaux principaux. 75
Tableau IX.6 Portances du sol support. 77
Tableau IX.7 Les structures proposées. 79
Tableau IX.8 Récapitulatif de la structure 01(avec couche de forme). 85
Tableau IX.9 Récapitulatif de la structure 02 85
Tableau X.1 Valeurs des caractéristiques de l'ilot central. 88
Tableau X.2 Paramètres de l'ilot séparateur 90
Tableau X.3 caractéristiques géométriques des carrefours du projet : 91
Tableau XI.1 Les ouvrages existants. 92
Tableau XI.2 La station de Tekhmaret. 93
Tableau XI.3 Valeurs du coefficient de ruissellement. 95
Tableau XI.4 valeurs des coefficients de Strickler. 95
Tableau XI.5 Caractéristiques des bassins versants. 96
Tableau XI.6 Résultats de calcul des débits. 98
Tableau XI.7 Les ouvrages proposés. 100
Tableau XI.8 Les solutions proposées 101
Tableau XI.9 Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus. 103
Tableau XII.1 Caractéristiques des lignes. 107
Tableau XII.2 Modulation des lignes discontinues. 108
Tableau XIII.1 Caractéristique de pont à réaliser. 114

Listes des matiéres

I. Présentation de projet ……..2

I.1 Présentation de la wilaya de Tiaret :……. 2

I.1.1 Situation géographique …….2

I.1.2 Relief : ……..3

I.1.3 Climat : …….....3

I.1.4 Hydrographie :……..... 3

I.1.5 Sismicité :…….....3

I.1.6 Réseau routier : …… 4

I.2 Présentation du projet ……...……4

I.2.1 Description de la route nationale N°14 …….....4

I.2.2 Site de projet ……5

I.2.3 Présentation du tronçon concerné par l'étude ……5

I.3 Objectifs du projet ……....6

II. Rappel sur l'étude D'APS : ……....7

II.1 Introduction ……7

II.2 Contexte général ……..7

II.3 Contraintes du projet ……8

II.4 Présentation des variantes…… 8

II.4.1Les contraintes de la variante(A) : dédoublement à gauche de la route existante ….8

II.4.2Les contraintes de la variante (B) : dédoublement à droite de la route existante ….10

II.5Comparaison entre les variantes : ……11

II.6 Conclusion :……... 11

III. Etude de trafic ……12

III.1 Introduction ……...…12

III.2 Les différents types de trafic ……..….12

III.3 Campagne de recensement de trafic : ……..…12

III.3.1 Les comptages : ……...12

III.3.2 Déroulement des enquêtes : ……..…13

III.4 Résultats de l'étude de trafic……...… 13

III.4.1 Affectation de trafic ……..…..15

III.5 Calcul de capacité : ……16

III.5.1 Calcul du (TJMA) horizon :…….... 16

III.5.2 Calcul des trafics effectifs : ……16

III.5.3 Débit de pointe horaire normale :……..... 16

III.5.4 Débit horaire admissible : ……17

III.5.5 Calcul du nombre des voies :……..…… 17

III.6 Application au projet : ……17

III.6.1 Le trafic à l'année horizon …….…….18

III.6.2 Calcul du trafic effectif ……18

III.6.3 Débit de pointe horaire normale ……..19

III.6.4 Débit admissible ……..19

III.6.5 Le nombre des voies ……20

III.6.6 Calcul de l'année de saturation …….……..20

III.7 Conclusion……...…….. 20

IV. Tracé en Plan :…… 21

IV.1 Définition : ……21

IV.2 Règles à respecter dans le tracé en plan : ……21

IV.3 Les éléments du tracé en plan ……21

IV.3.1 Les Alignements…….. 22

IV.3.2 Arcs De Cercle : ……..23

IV.3.3 Les Courbes De Raccordement ……...…25

IV.3.4 Notion de devers :……... 29

IV.4 Justification du tracé en plan ……..……31

IV.5 Calcul d'axe :……..….. 32

V. Profil en Long ……..38

V.1 Définition ……...…38

V.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :…… 38

V.3 Les éléments de composition du profil en long : ……38

V.4 Coordination du tracé en plan et le profil en long : ……..38

V.5 Déclivités :…… 39

V.5.1 Déclivité Minimum : ……...39

V.5.2 Déclivité Maximum :……..….. 39

V.6 Raccordements en profil en long : ……40

V.6.1 Raccordements Convexes (Angle Saillant) :……..…….. 40

V.6.2 Raccordements Concaves (Angle Rentrant) : ……40

V.7 Caractéristiques des rayons du profil en long : ……..40

V.8 Justification du tracé de profil en long ……...……41

V.9 Détermination pratique du profil en long……...…… 41

VI. Profil en Travers ……....46

VI.1 Introduction…….…….. 46

VI.2 Eléments constitutifs du profil en travers ……...……46

VI.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art (B40 paragraphe 4.8.1) ……48

VI.4 Pentes transversales :…….. 48

VII. Cubature ……..……50

VII.1 Introduction ……..….50

VII.2 Méthode de calcul des cubatures ……...50

VII.3 Calcul des cubatures de terrassement : ……..…52

VII.3.1 Commentaire ……...…53

VIII.Etude géotechnique ……...……54

VIII.1 Introduction : ……54

VIII.2 Contexte géologique : ……..…..54

VIII.2.1 Géologie régionale ……...…54

VIII.2.2 Climat et hydrogéologie :…… 55

VIII.3 Moyens de la reconnaissance : ……..…..55

VIII.3.1 L'étude des archives et documents existants :…… 55

VIII.3.2 Essais in situ : …….…….55

VIII.3.3 Essais de laboratoire : …….…….55

VIII.4 Résultats et interprétations des essais Géotechniques :……..…… 56

VIII.4.1 Essais in situ : …….….56

VIII.4.2 Les essais de laboratoire : ……..…..58

VIII.5 Condition d'utilisation des sols en remblais : ……62

VIII.5.1 Les recommandations d'utilisation des matériaux en remblai : ……..……..63

VIII.6 Conclusion…… 66

IX. Dimensionnement du corps de chaussée ……..…….67

IX.1 Introduction……...…… 67

IX.2 La chaussée ……67

IX.2.1 Définitions…… 67

IX.2.2 Les différents types de chaussée ……..67

IX.3 Méthodes de dimensionnement : ……....68

IX.3.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio): …….68

IX.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : ……...70

IX.4 Application au projet : ……....73

IX.4.1 Méthode CBR : ……...73

IX.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : ……...…75

IX.5 Conclusion……. 85

X. Carrefour ……84

X.1 Introduction ……...……84

X.2 Données utiles à l'aménagement des carrefours ……....…….84

X.3 Choix de l'aménagement :…….. 84

X.4 Les différents types de carrefour ……84

X.4.1 Carrefour à trois branches (en T) : ……..…….84

X.4.2 Carrefour à trois branches (en Y) : ……85

X.4.3 Carrefour à quatre branches (en croix) : …….….85

X.4.4 Carrefour giratoire : …….……85

X.5 Recommandations générales applicables aux giratoires ……86

X.5.1 La lisibilité de l'aménagement ……87

X.5.2 La bonne visibilité entre usagers……..….. 87

X.6 Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires ……...…….88

X.6.1 L'ilot central : ……..88

X.6.2 Les îlots : …….……89

X.6.3 Ilot séparateur : ……..…….89

X.6.4 Ilot directionnel :…… 90

X.6.5 Les couloirs d'entrée et de sortie :…….…….. 90

X.7 Application au projet ……..90

XI. Assainissement ……...….92

XI.1 Introduction ……..…….92

XI.2 Objectifs de l'assainissement routier ……..92

XI.3 Les ouvrages d'assainissement existants ……92

XI.4 Dimensionnement des ouvrages d'assainissement …….93

XI.4.1 Le débit d'apport : ……..….93

XI.4.2 Le débit de saturation ……..95

XI.5 Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet : ……...……..96

XI.5.1 Caractéristiques des bassins versants ……..96

XI.5.2 Données climatiques ……...….97

XI.5.3 Calcul du débit d'apport …….…….98

XI.5.4 Dimensionnement des buses……...…… 98

XI.5.5 Dimensionnement des dalots…….…….. 100

XI.5.6 Dimensionnement des fossés à projeter sur le projet…….…… 102

XII. Signalisation et Eclairage ……...……..105

XII.1 SIGNALISATION …….…..105

XII.1.1 Introduction ……...……105

XII.1.2 Objectifs de la signalisation routière ……105

XII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation ……105

XII.1.4 Type de signalisation……. 105

XII.1.5 Application au projet : ……..…….109

XII.2 Eclairage ……..……111

XII.2.1 Introduction …….……111

XII.2.2 Application au projet ……112

XIII.Ouvrage d'art ……113

XIII.1 Introduction : ……113

XIII.2 Présentation et description de l'ouvrage existant : ……113

XIII.3 Description de l'ouvrage à réaliser : ……114

XIII.3.1 Choix du type de l'ouvrage : ……114

XIII.3.2 Solutions proposées : ……115

XIII.4 Conclusion ……116

XIV.Impact sur l'environnement ……117

XIV.1 Introduction ……117

XIV.2 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement ……117

XIV.3 Impact du projet sur l'environnement ……118

XIV.3.1 Impacts positifs :…… 118

XIV.3.2 Impacts négatifs ……118

XIV.4 Mesures prises pour minimiser les impacts : ……120

XIV.5 Conclusion ……121

XV. Devis quantitatif et estimatif ……122

Conclusion générale

Bibliographie

Annexes

Introduction générale

Le développement économique, industriel et culturel d'un pays dépend beaucoup du secteur du transport, car un bon aménagement de ce secteur permet de faciliter la communication et les échanges de toute forme entre les différentes zones du pays, ainsi qu'entre divers pays.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans le système de transport et il représente un fort facteur de cohésion au niveau communautaire, mais le problème est souvent lié à l'insuffisance du réseau existant.

Dans ce cadre, plusieurs projets de routes sont en cours de réalisation au niveau national, pour notre cas, il s'agit de dédoubler la liaison entre la ville de Tiaret et la ville de Frenda sur 45km (Wilaya de Tiaret).

L'objectif visé par ce projet est de fluidifier le trafic sur cet axe en ajoutant une double voie à la route existante et de réduire au maximum le nombre d'accidents mortels provoqués sur cet axe.

Chapitre I
Présentation de projet

I. Présentation de projet

I.1 Présentation de la wilaya de Tiaret :

I.1.1 Situation géographique

La wilaya de Tiaret est située dans l'ouest de l'Algérie, dont le chef-lieu de Wilaya est à 280 kilomètres au Sud-ouest de la capitale Alger, elle est comprise entre 1° et 2° de longitude Est et entre 34° et 35° de latitude Nord, elle a une superficie totale de 20.673 km² (qui représente 0,87% de la superficie totale du pays).

La wilaya de Tiaret est délimitée :

- **Au nord,** par les wilayas de Relizane et de Tissemsilt.
- **Au Sud,** par les wilayas de El-Bayadh et Laghouat.
- **À l'Est,** par les wilayas de Djelfa.
- **À l'Ouest,** par les wilayas de Mascara et Saida.

Elle est constituée de 42 communes et 14 daïras.

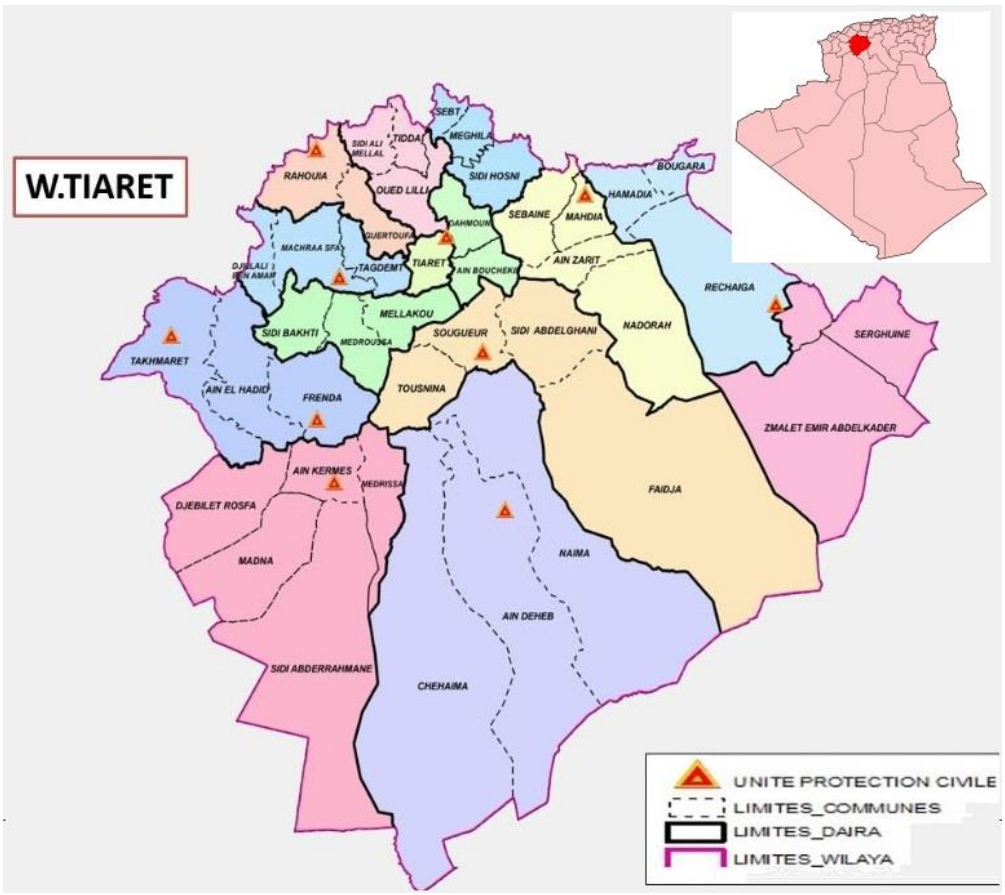


Figure I.1. Localisation de la wilaya de Tiaret.

I.1.2 Relief :

La wilaya se distingue en trois zones distinctes :

1-Au nord, une zone montagneuse de l'Atlas Tellien.

2-Au centre, les hauts plateaux.

3-Au sud, des espaces semi arides.

I.1.3 Climat :

La wilaya se caractérise par un climat continental dont l'hiver est rigoureux et l'été est chaud et sec, elle reçoit 350 à 400 mm de pluies en moyenne par an.

I.1.4 Hydrographie :

La longueur du réseau hydrographique de la wilaya est de 1 938 km. Les principaux cours d'eau sont : Oued Touil, Oued Mina et Nahr Ouassel.

I.1.5 Sismicité :

Selon la carte sismique de l'Algérie, Tiaret est classée comme une zone de faible sismicité (Zone 1).



Figure I.2. Classification sismique des wilayas d'Algérie (RPOA 2008).

I.1.6 Réseau routier :

Le réseau routier de la Wilaya de Tiaret est un réseau dense, il comporte près de 3000 km, dont 1500 en chemins communaux, 686 de chemins de wilaya et 708 km en routes nationales : RN 14, RN 23, RN 40 et RN 90.

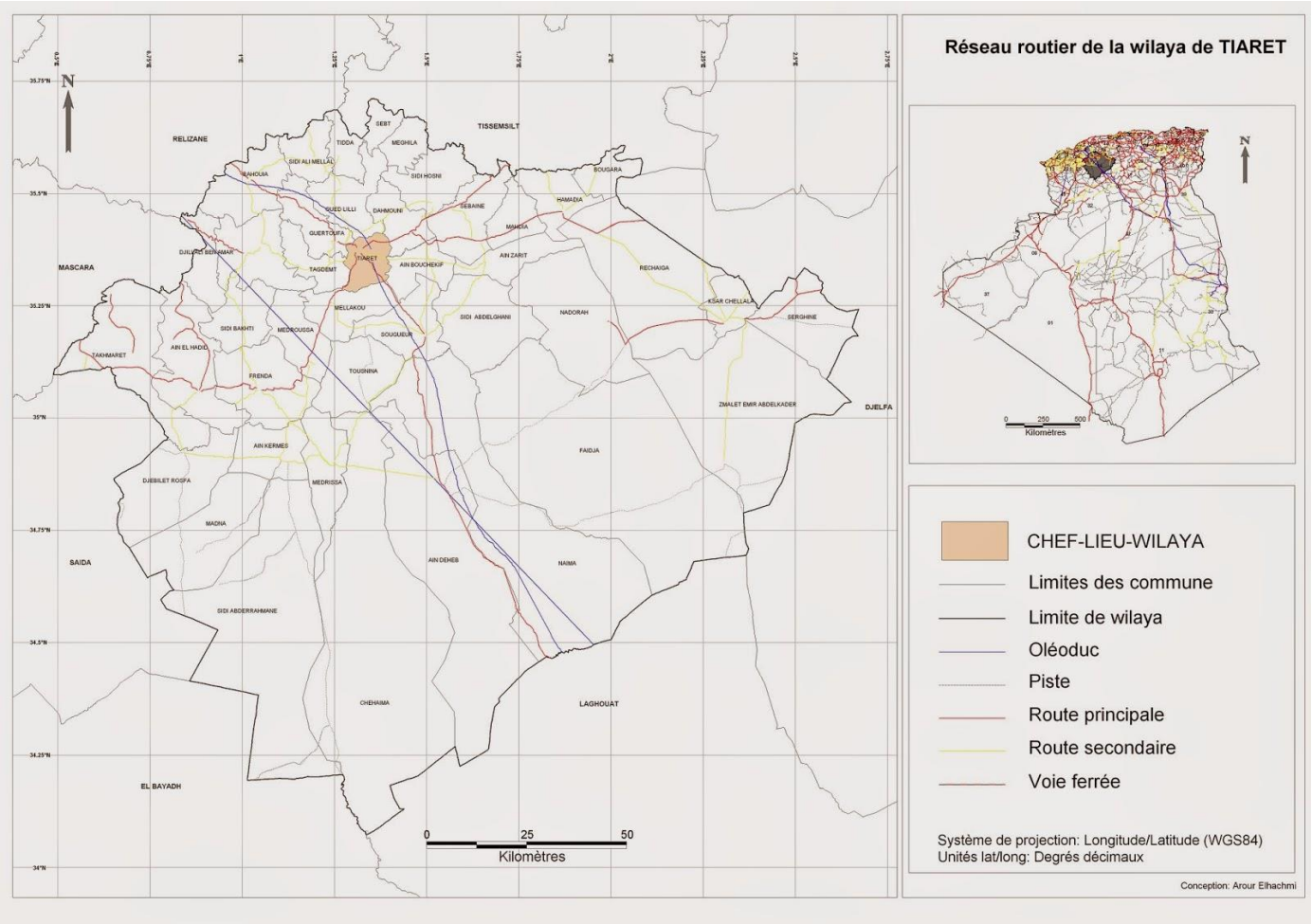


Figure I.3. Réseau routier de la wilaya de Tiaret.

I.2 Présentation du projet

I.2.1 Description de la route nationale N°14

La RN 14 débute de la wilaya d'Ain Defla et passe par les Wilayas de Tisemssilet, Tiaret et Mascara, cet axe est l'un des axes routiers les plus importants en Algérie.

La RN 14 au niveau de la wilaya de Tiaret est reliée au reste du pays par les routes nationales RN 90, RN 94, RN 23 et RN 40, et les chemins de wilaya CW 1, CW 2, CW 3, CW 4, CW 9, CW 11, CW 18.

I.2.2 Site de projet

Le présent projet dénommé ‘étude de dédoublement de la RN14 Tiaret Frenda sur 45km’, il permet la liaison entre la ville de Tiaret et la ville de Frenda, ce tronçon se trouve au sud de la ville de Tiaret, il débute du PK173+000 (à 4,6 km de la sortie de la ville de Tiaret) et finie au PK 218+000 à la ville de Frenda.

La chaussée existante est bidirectionnelle, avec une largeur totale de 7m et des accotements de 1.5m des deux cotés, on doit élargir pour qu’elle puisse supporter le trafic circulant sur cette route.



Figure I.4. Localisation du projet.

I.2.3 Présentation du tronçon concerné par l’étude

La zone d’étude concerne un tronçon qui débute au PK 173+000 (à la sortie de la ville de Tiaret) et se prolonge jusqu’au PK 180+700 (à la commune de Mellakou) sur un linéaire de 7,7 km.

Puisque la RN 14 traverse le village de Mellakou, la DTP de Tiaret va construire un évitement (du coté Est) qui se croise avec le chemin de Wilaya 3 (CW 3).

I.3 Objectifs du projet

L'étude du dédoublement de la RN 14 a comme objectifs :

- Réduire le nombre d'accidents.
- Offrir une capacité suffisante à répondre à la demande de transport qui ne cesse pas de croitre.
- Stimuler le développement économique des régions de Tiaret (par la création de nouveaux emplois directs et indirects).
- Réduire les coûts de transport.
- Attirer les touristes à visiter la région : les monuments funéraires de Djeddar à Frenda, la cascade de Sidi Wadah et Oued Mina, les plaines de Tousnina et Mellakou…
- Le désenclavement des régions du Sud de Tiaret.

Chapitre II

Rappel sur l'étude d'APS

II. Rappel sur l'Etude D'APS :

II.1 Introduction

La phase Avant-projet sommaire consiste à étudier plus profondément les variantes retenues de l'étude préliminaire. L'échelle de la carte topographique et géologique, permettant de finir cette étape, est de 1/5000. On devra comparer entre ces deux dernières par l'ensemble des critères suivants :

- Les contraintes du site.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD.

II.2 Contexte général

Ce projet occupe une zone géographique stratégique car il relie la ville de Tiaret à la ville de Frenda sur 45km ; notre projet consiste à étudier le dédoublement de la RN 14 sur un linéaire de 7.6km ; à la sortie de la ville de Tiaret et allant jusqu'à la commune de Mellakou : du PK 173+000 au PK 180+700.

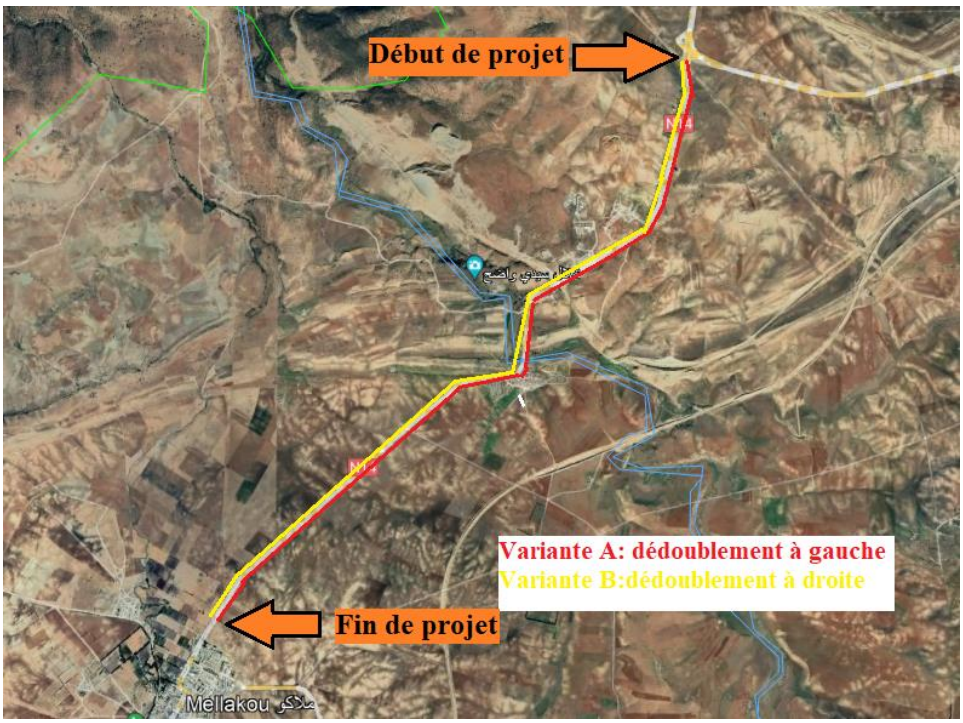


Figure II.1. Schéma des variantes.

II.3 Contraintes du projet

Les contraintes majeures rencontrées sur l'assiette du projet sont :

- Des constructions privées à droite et à gauche de la route.
- La source d'eau d'Ain Mcharraf à droite de la chaussée existante.
- La base de vie de l'entreprise de Haddad à droite de la route.
- Une unité de l'ANP à droite de la route.
- Des lignes électriques et des poteaux d'éclairage.
- Des constructions d'un Douar.

II.4 Présentation des variantes

Dans cette phase ont été étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

Le projet se résume en un dédoublement de la route existante, les deux variantes sont les suivantes :

A. Un dédoublement à gauche de la chaussée existante.
B. Un dédoublement à droite de la chaussée existante.

Les tracés de ces deux variantes suivent parfaitement le tracé de la RN 14 (sauf dans quelques tronçons qui ne respectent pas les normes du B40 ou dans le corps de chaussée se trouve dans un état très dégradé), en formant un profil en travers en 2x2 voies, avec un terre-plein-central (TPC) de 2-3m de largeur.

II.4.1 Les contraintes de la variante(A) : dédoublement à gauche de la route existante

Les majeures contraintes rencontrées à gauche de la route de la route existante sont :

- Présence de constructions et quelques arbres à 10-15m de la route (du PK 173+340 au PK 173+460).
- Déplacement de poteaux électrique dans de différents endroits.
- Des accidents topographiques importants par rapport à la droite : au-delà du PK 4+200 il va y avoir beaucoup de remblais et de déblais à exécuter par rapport à un dédoublement à droite.
- Des constructions d'un Douar et trois hangars du PK 176+800 au PK 177+200.



Figure II.2. Constructions à gauche de la route au PK 173+400.



Figure II.3. Propriété privée au passage du Douar au PK 177+000.

II.4.2 Les contraintes de la variante (B) : dédoublement à droite de la route existante

Les majeures contraintes rencontrées à droite de la route existante sont :

- Présence de constructions et quelques arbres à 10-15m de la route (du PK 173+340 au PK 173+460).
- Présence d'une source d'eau Ain Mcharraf à 30m de la route.
- Présence de la base de vie de l'entreprise de Haddad à 20m de la route (PK 175+460).
- Présence d'une construction de l'ANP (au PK 176+100).



Figure II.4. La base de vie de l'entreprise de ETHRB Haddad.



Figure II.5. Construction de l'ANP.

II.5 Comparaison entre les variantes :

Tableau II.1 . Comparaison entre les variantes.

Variante	Avantages	Inconvénients
Variante A (à gauche)	• Pas de contrainte topographique importante. • Conserver la route existante (sauf pour quelques tronçons : ils existent des rayons inférieurs au rayon minimal)	• Déplacement des poteaux de haute tentions existants. • Déplacement des poteaux électriques d'éclairage existant. • Démolition des plusieurs constructions du Douar. • La déforestation.
Variante B (à droite)	• Pas de contrainte topographique importante. • Conserver la route existante (sauf pour quelques tronçons : ils existent des rayons inférieurs au rayon minimal).	• Déplacement des poteaux électriques d'éclairage existant. • Déplacement des poteaux de haute tentions existants. • Démolition des plusieurs constructions. • La déforestation.

II.6 Conclusion :

Après avoir comparé les deux variantes, le choix est porté :

- Un dédoublement à gauche du PK 173+000 au PK 177+600 pour éviter de démolir les constructions du Douar, l'unité de l'ANP et de la base de vie de l'entreprise de Haddad ; avec la création d'une nouvelle chaussée du PK 175+000 au PK 176+000 puisque le corps de chaussée est très dégradé.
- Un dédoublement à droite à partir du PK 177+600 pour qu'il y aura moins de quantités de remblais et de déblais et moins d'arbres à enlever par rapport à un dédoublement à gauche.

Chapitre III :
Etude de trafic

III. Etude de trafic

III.1 Introduction

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté puisque le dimensionnement de la chaussée (nombre de voies, épaisseur du corps de chaussée) est lié directement à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre on se référant aux données actuelles du présent.

L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

III.2 Les différents types de trafic

On distingue quatre types de trafic :

- **Le trafic normal :** C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Le trafic dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Le trafic induit :** C'est le trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Le trafic total :** C'est la somme des trois trafics précédents : le trafic normal, induit et dévié.

III.3 Campagne de recensement de trafic :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier, elle consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination).

Ils existent plusieurs manières qui permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, Cette étude débute par le recueil des données, et pour cela, on utilise plusieurs méthodes, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Une qui est quantitative : les comptages.
- Une qui est qualitative : les enquêtes.

III.3.1 Les comptages :

C'est l'élément le plus important de l'étude de trafic, on distingue :

III.3.1.1 Les comptages automatiques :

Permanent ou temporaire, les comptages automatiques de trafic ont été effectués sur une période d'une semaine complète à l'aide des matériels de mesure.

L'inconvénient de cette méthode est que quelques matériels de comptage utilisés maintenant ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds, d'où la nécessité d'un comptage manuel.

III.3.1.2 Les comptages manuels :

En parallèle au comptage automatique, des agents recenseurs effectuent un comptage manuel de classification à différentes périodes de la journée, ils sont équipés de feuilles de comptage sur lesquelles ils reportent le nombre de véhicules par catégorie, qui permet donc de connaitre le pourcentage du poids lourd.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

III.3.2 Déroulement des enquêtes :

Les informations recueillies à travers les comptages doivent être complétées par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, les enquêtes permettent de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. On peut recourir à plusieurs méthodes mais les enquêtes 'origine- destination' sont les plus souvent utilisées, elles se déroulent parallèlement aux comptages manuels.

Les agents enquêteurs sont chargés d'intercepter un échantillon d'automobilistes de chaque catégorie, et de les interroger sur leurs origines et destinations des déplacements.

III.4 Résultats de l'étude de trafic

Les comptages et les enquêtes ont été faites par le bureau d'étude KAOUS et se sont déroulées au niveau de trois (03) postes, la localisation des postes d'enquête et de comptages est visualisée surla carte suivante :



Figure III.1. Localisation des postes.

Le comptage manuel du trafic réalisé du 28/10/2016 au 03/11/2016 à partir de 7h:00 jusqu'à 19h:00 (7 jours sur 7).

Ce trafic a été évalué par catégorie de véhicule selon leurs caractéristiques dont elles sont définies comme suit :

- P1 : véhicules particuliers
- P2 : véhicules utilitaires
- P3 : bus
- P4 : camions à 2 essieux
- P5 : camions à 3 essieux
- P6 : ensemble articulés

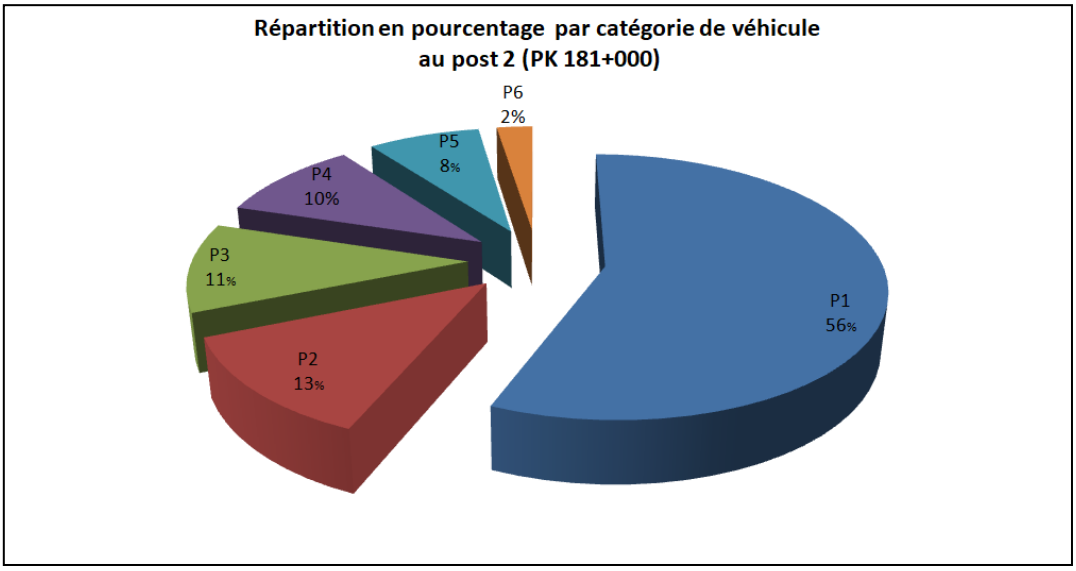


Figure III.2. Typologie des véhicules dans le post 2.

Le pourcentage du poids lourd (Z) est la somme des pourcentages des catégories P3, P4, P5 et P6, on obtient :

$$Z\ (\%) = 2+8+10+10=30\%$$

Vu que la zone industrielle se trouve à 2km de notre projet et que la base de vie de l'entreprise de Haddad se trouve dans notre tronçon, nous avons un pourcentage élevé de poids lourd.

III.4.1 Affectation de trafic

Tableau III.1 Résultats de l'affectation du trafic.

N° poste	Localisation	De/venant par	Vers / passant par	Nombre de véhicules (V/J)
1	Sortie de Tiaret	Tiaret	Frenda	1216
			Mellakou	676
		Frenda	Tiaret	1570
		Mellakou	Tiaret	769
2	Melakou	Tiaret	Mellakou	654
		Tiaret	Frenda	1166
		Mellakou	Frenda	755
		Mellakou	Tiaret	897
		Frenda	Mellakou	576
		Frenda	Tiaret	1280
3	Frenda	Frenda	Tiaret	1531
			Mellakou	778
		Mellakou	Frenda	867

		Tiaret	Frenda	1669

Le trafic au niveau de la section étudiée : du PK 173+000 (à la sortie de Tiaret) au PK 180+700 (la commune de Mellakou) est de: **4231 véh/j** (On prend le maximum de la somme sur notre tronçon).

III.5 Calcul de capacité :

Définition

On définit la capacité de la route par le nombre maximal des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période bien déterminée, elle s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.5.1 Calcul du (TJMA) horizon :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0\,(1+\tau)^n$$

- **$TJMA_h$** : le trafic à l'année horizon.
- **$TJMA_0$** : le trafic à l'année de référence « année de comptage ».
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

III.5.2 Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction du type et l'environnement de la route. Pour convertir les PL en(U.V.P), on utilise des coefficients d'équivalence, l a formule pour exprimer le trafic effectif est :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ].\ TJMAh$$

- **Teff** : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- **Z**: pourcentage de poids lourds (%).
- **P**: coefficient d'équivalence.

III.5.3 Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon,il et exprimé en uvp/h, il est donné par la relation :

$$Q = (1/n) . T_{eff}$$

Avec :

- **1/n**=0.12
- **Q**: débit de pointe horaire
- **n**: nombre d'heure.

III.5.4 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est donné par la formule :

$$Q_{adm} = K_1.K_2. C_{th}$$

Avec :

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- **C_{th}** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régimestable (pour une chaussée séparée C=1800 UVP/h).

III.5.5 Calcul du nombre des voies :

Pour déterminer le nombre de voie par chaussée, on prend le nombre le plus proche du rapport : $S.Q / Q_{adm}$

Avec :

- **S** : coefficient de dissymétrie = 2/3.
- **Q_{adm}** : débit admissible par voie

III.6 Application au projet :

En se basant sur les données de l'étude de trafic faite par le bureau d'étude KAOUS pour la RN14.

Les données :

- $TJMA_{2016}$=4231 véh/j
- Vitesse de référence : 80km/h
- Catégorie : C2 selon le B40.
- Environnement : E_2.

- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté τ= 4%
- On prend un pourcentage de poids lourds de : Z=30%
- L'année de mise en service = 2024
- La durée de vie de 20 ans.

Pour le trafic à l'année 2016

$$TJMA_{2016}=4231 \text{ véh/j}$$

Projection future de trafic :

- Trafic à l'année de mise en service :

$$TJMA\ (2024) = (1+\tau)^8 x\ TJMA(2016)$$

$$= (1+0.04)^8 x\ 4231 \text{ véh/j}$$

$$= 5790 \text{ véh/j}$$

III.6.1 Le trafic à l'année horizon

Trafic à l'année horizon (2044) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TJMA\ (2044) = (1+\tau)^{20} x\ TJMA\ (2024)$$

$$= (1+0.04)^{20} x 5790 \text{véh/j}$$

$$= 12\ 686 \text{ véh/j}$$

III.6.2 Calcul du trafic effectif

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ].\ TJMA_h$$

Le coefficient d'équivalence (P)pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route est donné par le tableau suivant :

Tableau III.2 Coefficient d'équivalence.

Environnement	E_1	E_2	E_3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-16	16-24

P=5 car on a « une route à bonne caractéristique et E2 .

$$T_{eff2044} = [(1-Z) +PZ]\ x\ TJMA_{2044}$$

=[(1-0.3) +5x 0.3]x 12 686= 27 909 uvp/j

III.6.3 Débit de pointe horaire normale

Q_{2044}= (1 /n) .$T_{eff\ 2044}$ avec (1/n) = 0.12

Q_{2044}= 0,12 × 27 909 = 3350(uvp/h)

III.6.4 Débit admissible

Qadm = K1.K2. Cth

Les coefficients K_1, K_2 et la capacité théorique sont donnés par les tableaux suivants :

Tableau III.3 Les valeurs de K1.

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.4 Les valeurs de K2.

Environnement	E1	E2	E3
Cat1	1	0.99	0.91
Cat2	1	0.99	0.95
Cat3	1	0.99	0.97
Cat4	1	0.98	0.96
Cat5	1	0.98	0.96

Tableau III.5 Les valeurs de la capacité théorique

	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route a chaussée séparée	1500 à 1800

D'âpres les tableaux, on utilise les valeurs suivantes :

- K_1=0.85 ;
- K_2=0.99 ;
- C_{th}=1800uvp/h ;

Qadm = 0.85 x 0.99 x 1800= 1515 (uvp/h) par voie.

III.6.5 Le nombre des voies

$$n = S.\ Q_{2044}/Q_{adm} = (2 / 3) \times (3350 /1515) = 1.5 \approx 2.$$

Donc: n= 2 voies /sens

III.6.5.1 Résultats de calcul :

Tableau III.6 Résultat de calcul du nombre de voies.

TJMA (2024) Véh/j	TJMA (2044) Véh/j	Teff uvp/j	Q (uvp/h)	Qadm (uvp/h)	N° desVoies Par sens
5790	12 686	27 909	3350	1515	2

III.6.6 Calcul de l'année de saturation

On a :

- $Teff_{2024}= [(1 – 0, 3) + 5 \times 0, 3]. 5790= 12\ 738$ (uvp/j).
- $Q_{2024}= 0,12 \times 12\ 738= 1528$ (uvp/j).
- $Q_{Saturation}= 2 \times Q_{adm}$
  $=> Q_{Saturation}= 2 \times 1800 \times 0.85 \times 0.99= 3030$ (uvp/j).
- $Q_{Saturation}= (1+\tau)^{n} \times 2/3 \times Q_{2024} => n = \log (Q_{Saturation} / (2/3).Q_{2024}) / \log (1+\tau)$
  $=> n = \log (3030 / (2/3).1528) / \log (1+0,04) \approx 27$ ans.

Donc l'année de saturation sera égale à :

2024+27=2051.

III.7 Conclusion

Après le calcul de trafic, notre route sera donc de 2*2 voies avec une largeur de chaussée de 7m pour chaque sens

Chapitre IV :
Tracé en plan

IV. Tracé en Plan :

IV.1 Définition :

Le tracé en plan d'une route est la projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, c'est une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on détermine les caractéristiques géométriques de la route qui devront assurer les conditions de sécurité et de confort.

IV.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants.
- Appliquer les normes du **B40** si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Eviter les propriétés privées.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits si c'est possible.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

IV.3 Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives (clothoïde).

La norme de conception utilisée pour l'étude géométrique du dédoublement de la RN14 est celle définie par les instructions sur les conditions techniques du B40.

Compte tenu du relief dans lequel s'inscrit le projet : un terrain vallonné et de sinuosité moyenne, notre route et d'environnement E2.

IV.3.1 Les Alignements

L'alignement droit est l'élément géométrique le plus simple, cependant, son emploi dans le tracé des routes est restreint à cause des problèmes qu'il pose :

- Eblouissement des phares dans la nuit.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre les véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas ou l'emploi d'alignement se justifie :

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées (comme dans notre cas).
- Dans les vallées étroites.
- Pour assurer la possibilité de dépassement.

La longueur des alignements est fonction de :

- La vitesse de base (la durée du parcours rectiligne pour être précis).
- Les sinuosités qui précédent et suivent l'alignement.
- Les rayons de courbure de ces sinuosités.

Règles concernant la longueur des alignements

- Une longueur minimale d'alignement $\mathbf{L_{min}}$ devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$\mathbf{L_{min}} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

V_B: vitesse de base en km/h.

Lorsque cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, on passe à un raccordement en C ou Ove.

- Une longueur maximale $\mathbf{L_{max}}$ est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**

$$\mathbf{L_{max}} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

IV.3.2 Arcs De Cercle :

Pour limiter la courbe, il faut assurer la stabilité des véhicules, la visibilité dans les tranchés en courbe.

C'est pour ça qu'on essaie toujours de choisir les rayons les plus grands possibles et ne jamais descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV.3.2.1 Stabilité En Courbe

Le véhicule en courbe subit une instabilité à l'effet de la force centrifuge, pour réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage d'une pente dite 'devers', elle est exprimée par sa tangente.

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

a) Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

C'est le rayon au devers maximal :

$$RHM = \frac{V_B^{\,2}}{127\,(f_t + d_{max})}$$

f_t: coefficient de frottement transversal.

Ainsi pour chaque vitesse de base, on définit une série de couple **(R, d)**

Avec d : le devers

b) Rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant la vitesse de base de **20km/h** de rouler en sécurité.

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127\,(f_t + d_{max})}$$

c) Rayon au dévers minimal (RHd) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse **VB** serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé $\mathbf{d_{min} = 2.5\%}$ pour les catégories **1–2**

$$RHd = \frac{V_B^{\,2}}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

d) Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse VB une courbe de devers égal à dmin vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

Cat. **1 – 2** →

$$RHnd = \frac{V_B^{\,2}}{127 \times 0.0035}$$

D'âpres le B40, Pour notre projet de dédoublement de la **RN14** situé dans un environnement **(E_2)**, et classé en catégorie **(C_2)** avec une vitesse de base de **80km/h**, on a :

Tableau IV.1 Rayons du tracé en plan.

Paramètres	symboles	valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

IV.3.2.2 Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon ≥ à RHn.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R.
- Les rayons compris entre Rhd et Rhnd sont en dévers minimal d_{min}.
- Ne pas utiliser deux rayons successifs de rapport supérieur à 2.
- Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m ou 100 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

IV.3.3 Les Courbes De Raccordement

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La clothoïde est la courbe de raccordement la plus utilisée grâce à son accroissement linéaire de courbure.

IV.3.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Le confort des passagers du véhicule.
- La transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul, sa courbure est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la **clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Expression mathématique de la clothoïde :

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = C.L : K = \frac{1}{R} \Rightarrow L.R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

$$On\ pose: \frac{1}{C} = \mathbf{A^2} \Rightarrow L.R = A^2$$

IV.3.3.2 Eléments de la clothoïde :

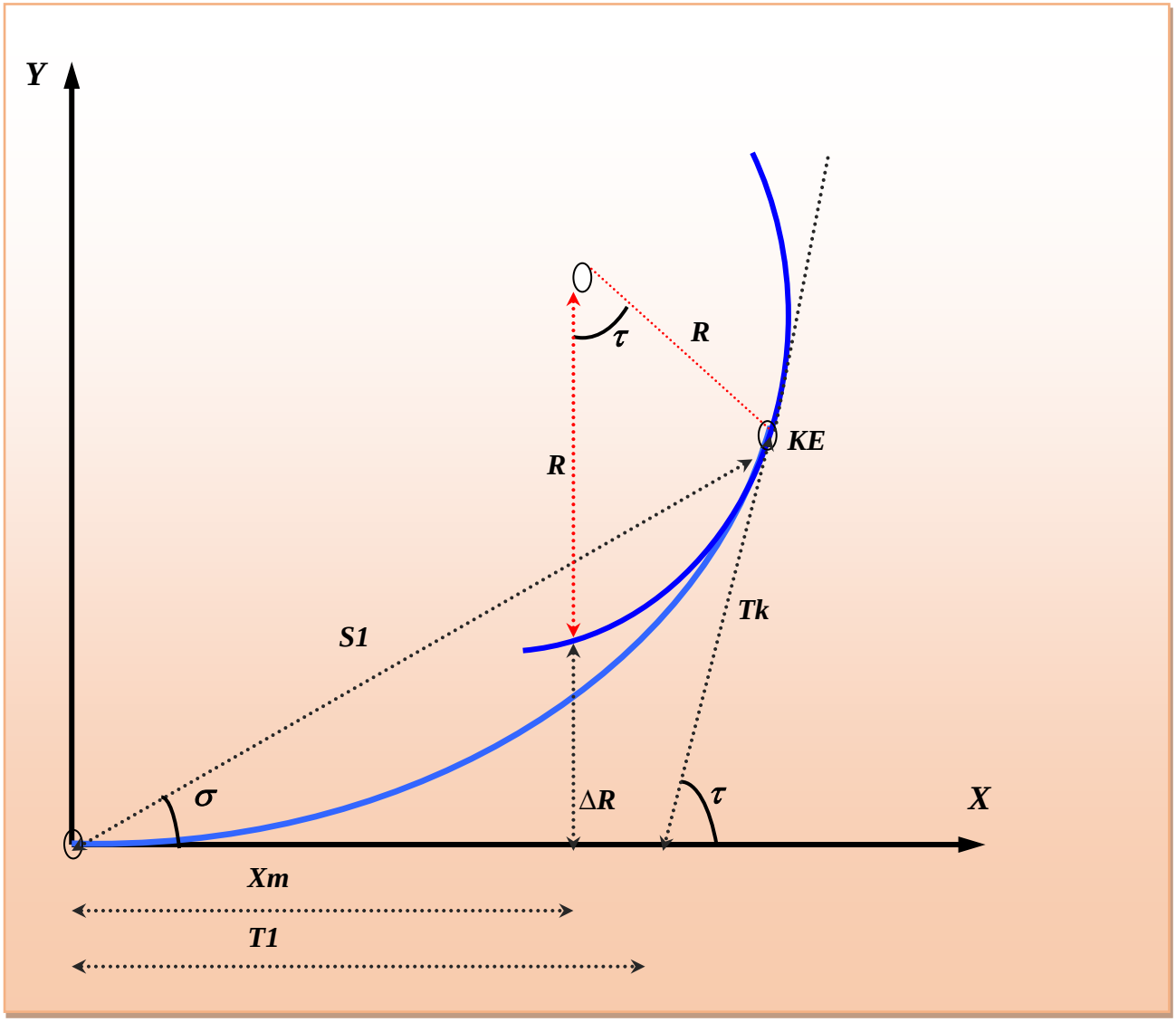


Figure IV.1. Eléments de clothoïde.

R : rayon du cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

A : paramètre de la clothoïde.

KA : origine de la clothoïde.

KE : extrémité de la clothoïde.

ΔR : ripage.

τ: angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

σ: angle polaire.

SL : corde **KE** –**KA**.

M : centre du cercle d'abscisse **Xm**.

Xm : abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.

Ym : ordonnée du centre du cercle **M** a partir de **KA**.

X: abscisse de **KE**

Y : ordonnée de **KE**

IV.3.3.3 Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

a) Condition de confort optique :

Cette condition permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à **3°** pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3° \text{ soit } \tau \geq 1/18 \textbf{ rads}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \textbf{rads} \rightarrow L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Règle générale (B40) :

Pour $R<1500 \Rightarrow \Delta R = 1m$ (éventuellement 0.5m) d'ou $L = (24\ R\ \Delta R)^{1/2}$

Pour $1500< R<5000$ m $\tau = 3°$ c'est-à- dire $L \geq R/9$

Pour $R<5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7.75(R)^{1/2}$

b) Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours **Δt** du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L = \frac{V_B^{\ 2}}{18}\left(\frac{V_B^{\ 2}}{127 \times R} - \Delta d\right)$$

V_B: vitesse de base **(km/h)**

R : rayon en **(m)**.

Δd : variation de dévers.

c) Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L \geq l.\ \Delta d.\ V_B$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie -chaussée extérieure au virage, cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_B}{36}$$

IV.3.4 Notion de devers :

Le devers est la pente transversale de la chaussée, il assure la stabilité des véhicules en courbe et permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits.

IV.3.4.1 Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à: $\mathbf{d_{min} = 2.5\%}$

IV.3.4.2 Devers en courbe :

En courbe, il permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

IV.3.4.3 Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de **R ≥ RHnd** le devers est égal à **2.5%** et pour les courbes de rayon **R < RHnd** un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en **« 1/R ».**

Si RHm < R < RHN :

$$d = d_{max} + (\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

Si RHN < R< RHd :

$$d = d_{min} + (\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au devers minimal mais des rayons supérieurs à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

Raccordement de devers :

- En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes **(2.5%)**, en courbe ils ont des valeurs supérieures **(de 3 à 7%).**
- Le dévers doit régner sur la totalité de la partie circulaire de la courbe ; il doit être introduit par un raccordement à courbure progressive d'une longueur au moins égale à ce qui est nécessaire pour limiter la variation de devers de 2% par seconde (condition de confort) soit pour 1% de variation de devers, une longueur de 11m pour une vitesse de base de 80km/h.

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des **Clothoïdes :**

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance **Dmin** appelée longueur de gauchissement.

$$D_{\min} = \frac{5}{36} \times v_B \Delta d$$

- Pour les courbes en **S**, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé.

IV.3.5. Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E2** et une catégorie **C2**, avec une vitesse de base de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

Tableau IV.2 Paramètres fondamentaux.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	L_{min}	111.11
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333.33
Devers minimal (%)	D_{min}	2.5
Devers maximal (%)	D_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	f_t	0.13
Distance de freinage (m)	d_0	65
Distance d'arrêt (m)	d_1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	325
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_n	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200

IV.4 Justification du tracé en plan

A partir des visites du site, et du levé topographique fait par le bureau d'étude KAOUS ; et âpres avoir tracer à peu près l'axe existant de la route nationale RN14, on a trouvé qu'elle présente des bonnes caractéristiques dans quelques tronçons et de mauvaises caractéristiques dans d'autres.

Du point de vue géométrique, notre tracé et composé de trois tronçons (Il faut bien respecter les normes de conception concernant les longueurs maximales et minimales et les différents rayons du tracé en plan sans oublier de suivre au maximum la chaussée existante):

1er tronçon : du PK 173+000 au PK 175+000

Dans cette partie du tracé, on a bien suivi le tracé de l'ancien axe de la RN 14, On a gardé les mêmes rayons existants qui sont : R1=620m, R2 =1450m, R3=2400m R4=1500m et R5=530m, en plus, on a gardé la chaussée existante dans ce tronçon.

2ème tronçon : au PK 175+000 au PK 177+450)

C'est un endroit ou la topographie est presque plate.

Section 1 (du PK175+000 au PK 176+000) :

A signaler que dans ce tronçon le corps de chaussée est dans un état très dégradé et nécessite d'être renouveler ou réhabiliter, malheureusement on n'a pas eu de rapport ou de données sur ça, en plus l'axe est une succession de courbe en S.

On a choisi d'abandonner ce tronçon et le remplacer par deux alignements raccordés avec deux rayons de R6=6000m et R7=1420m.

Section 2 (du PK176+000 au PK176+770) :

Il existe un point noir routier dans ce tronçon (au PK 176+250) avec un rayon de 140m (inférieure au rayon minimum qui est de 250m) ce qui nous a mené à utiliser un rayon de R8=260m.

Section 3 (du PK 176+770 au PK 177+450) :

C'est le tronçon qui traverse Oued Mina par un ancien pont de largeur roulable insuffisante et qui contient des problèmes au niveau de la superstructure et l'infrastructure et donc il est à abandonner.

Le rayon existant au passage près du douar est de 120m (il est inférieur au rayon minimum), donc on a choisi de créer un nouveau couloir dans ce tronçon afin d'éviter des grands terrassements.

On a utilisé un rayon de R9=300m afin d'éviter que la partie du clothoïde s'inscrit dans l'ouvrage d'art.

3ème tronçon : du PK 177+450 au pk 180+600.

C'est un endroit ou le terrain est peu vallonné où aucun obstacle n'est à signalé.

La route est de bonnes caractéristiques géométriques, donc on a gardé tous les rayons existants : le tracé sera de composé des alignements droits raccordés par des grands rayons.

R10=430m ; R11=1430m ; R12=4400m ; R13=6000m ; R14=5000m et R15=1240m.

IV.5 Calcul d'axe :

Le calcul d'axe se fait après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul de gisements
- Calcul de l'angle γ entre alignements
- Calcul de la tangente **T**
- Calcul de la corde **SL**
- Calcul de l'angle polaire σ
- Vérification de non-chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- Calcul de kilométrage des points particuliers

II.9.1- Exemple De Calcul D'axe Manuellement : droite 1 et 2

V_B=80Km/h	X (m)	Y (m)	R =620m
S0 (P01)	344509.994	3908999.917	**620**
S1 (P17)	344515.727	3908652.314	
S2 (P41)	344348.728	3908060.250	

II.9.1.1- Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

a)-Calcul du paramètre A :

On sait que :

$$A^2 = L \times R$$

b)-Détermination de L :

b.1)-Condition de confort optique :

$\frac{R}{3} \leq A_{min} \leq R$ D'où $207 \leq A_{min} \leq 620$

R = 620m < 1500**m** $\Rightarrow$ $L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$ Δ R = 1

$L \geq \sqrt{24 \times 620 \times 1} = 121.9m$ Donc $L \geq$ 122 **m** (1)

b.2)- Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$L \geq \frac{5}{36} \Delta d \, V_B$ avec : $\Delta d = d + 2.5$

V_B=80**Km/h** $\Rightarrow$ R_1 = 620**m** et d = 3.52%

$\Rightarrow \Delta d = 3.52+2.5 = 6.02\%$

$L \geq \frac{5}{36} \times 6.02 \times 80 = 66.9$**m**, donc : $L \geq 67$**m** (2)

De (1) et (2) on aura : L ≥ 122 **m**, On prend L=122m

Donc $L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 27$

On prend : L=122m et A=275

c)- formules et méthodes de calculs : (droite 1 et 2)

On a:

Rayon R1 =630 m

S_0 (344509.292, 3908999.986)

S_1 (344525.638, 3908691.048)

S_2 (344440.215, 3908396.865)

Calcul des gisements :

$| \Delta X | = | X_{S1} - X_{S0} | = 16.346m$

$| \Delta Y | = | Y_{S1} - Y_{S0} | = 308.938m$

$| \Delta X_1 | = | X_{S2} - X_{S1} | = 85.423m$

$| \Delta Y_1 | = | Y_{S2} - Y_{S1} | = 294.183m$

$\overline{s_1s_0} = \sqrt{(\Delta X^2+\Delta Y^2)}$ =309.370m

$\overline{s_2s_1} = \sqrt{(\Delta X_1^2+\Delta Y_1^2)}$ =306.334 m

D'ou:

G_{s1}^{s0} =arctg $\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}$ =3.365 grades

G_{s2}^{s1} = arctg $\frac{|\Delta x_1|}{|\Delta y_1|}$ =50.313 grades

Calcul de l'angle γ :

$\gamma = | G_{s2}^{s1} - G_{s1}^{s0} |$ = 46.957 grades

Calcul de l'angle τ :

$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{122}{2 \times 620} \cdot \frac{200}{\pi}$

Avec :

L =122m

τ = 6.266 grade

Vérification de non-chevauchement :

τ =6.266 grade

γ /2 =46.957/ 2 = 23.478 grade

D'ou :

$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow$ pas de chevauchement.

On a: $\frac{L}{R}$ = 122/620= 0.1967

A partir des tables de Clothoïdes, la ligne **N° 444**, on tire les valeurs suivantes :

$\frac{\Delta R}{R} = 0.001619 \Rightarrow \Delta R = 1.0038$**m**

$\frac{X_m}{R} = 0.221928 \Rightarrow X_m = 137.595$m

$\frac{X}{R} = 0.443569 \Rightarrow X = 275.012$m

$\frac{Y}{R} = 0.014578 \Rightarrow Y = 9.038$m

$T = X_m + (R + \Delta R)\ tg\ (\gamma / 2)$ (**m**)

$T = 137.595 + (620 + 1.0038)\ tg(9.276) = 377.596$m donc : T=377.596m

Calcul des Coordonnées S L :

$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(275.012)^2 + (9.038)^2} = 275.160$ m donc : $S_L = 275.160$m

Calcul de σ :

$\sigma = \text{arctg}\frac{Y}{X} = \text{arctg}\ \frac{9.038}{275.012} = 2.091$ grades donc : σ = 2.091**grades**

Calcul de l'arc : $b = K_{E1}\ K_{E2}$

$$b = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200} = \frac{[\pi \cdot 620(46.957 - 2 \times 6.266)]}{200} = 335.092\text{m}$$

Calcul des coordonnées des points singuliers :

K_A $\begin{cases} X_{KA} = X_{S1} + (s_0s_1 - T).\sin G_{S0}^{S1} \\ Y_{KA} = Y_{S1} + (s_0s_1 - T).\cos G_{S0}^{S1} \end{cases}$

K_A $\begin{cases} X_{KA} = 344525.638 + (309.370 - 377.596).\sin(3.365) = 344522.033\text{ m} \\ Y_{KA} = 3908691.048 + (309.370 - 377.596\text{m}).\cos(3.365) = 3908623.147\text{ m} \end{cases}$

K_E

$$\begin{cases} X_{KE} = X_{KA} + S_L \cdot \sin\left(G_{S0}^{S1} - \sigma \right) \\ Y_{KE} = Y_{KA} + S_L \cdot \cos\left(G_{S0}^{S1} - \sigma \right) \end{cases}$$

K_E

$$\begin{cases} X_{KE} = 344522.033 + 275.160.\sin(3.365 - 2.091) = 344527.539 \text{ m} \\ Y_{KE} = 3908623.147 + 275.160.\cos(3.365 - 2.091) = 3908898.252 \text{ m} \end{cases}$$

K_{A2}

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \cdot \sin G_{S2}^{S1} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \cdot \cos G_{S2}^{S1} \end{cases}$$

K_{A2}

$$\begin{cases} X_{KA2} = 344525.638 + 377.596.\sin(50.313) = 344793.948 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 3908691.048 + 377.596.\cos(50.313) = 3908956.732 \text{ m} \end{cases}$$

K_{E2}

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \cdot \sin\left(G_{S2}^{S1} + \sigma \right) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \cdot \cos\left(G_{S2}^{S1} + \sigma \right) \end{cases}$$

K_{E2}

$$\begin{cases} X_{KE1} = 344793.948 - 275.160.\sin(50.313 + 2.091) = 344592.173 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 3908956.732 - 275.160.\cos(50.313 + 2.091) = 3908769.648 \text{ m} \end{cases}$$

Les résultats du calcul d'axe sont faits automatiquement par le logiciel autopiste et sont joints en annexe.

Chapitre V :
Profil en long

V. Profil en Long

V.1 Définition

Le profil en long d'une route est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci. Il est composé d'éléments de lignes droites raccordées par des raccordements circulaires ou paraboliques.

V.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement (les déclivités minimales et maximales, les rayons minimums en angle saillant ou entrant).
- Eviter les angles entrants en déblai (il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement).
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, car ce dernier complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Eviter les hauteurs excessives en remblais.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

V.3 Les éléments de composition du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes parabolique ou circulaires, on doit déterminer pour chaque point du profil en long :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet, etc.…

V.4 Coordination du tracé en plan et le profil en long :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin :

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

V.5 Déclivités :

La déclivité d'une route est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

V.5.1 Déclivité Minimum :

Pour assurer un bon écoulement des eaux pluviales, on n'emploie normalement jamais de pente nulle.

On adopte en général une pente longitudinale minimale de **0,5% (**de préférences **1 %**, si possible).

V.5.2 Déclivité Maximum :

La déclivité maximale est acceptée à titre particulier dans les courtes distances inférieures à **1500m**, à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

La déclivité maximale est fonction de :

- La condition d'adhérence.
- La vitesse minimum de **PL**.
- La condition économique.

Pour notre cas, pour la catégorie 2 et l'environnement 2 la pente maximale est de **I_{max} =5 % (paragraphe 2.7.1),** exceptionnellement, on a utilisé une pente supérieure à 5%, mais inférieure à 6% pour une distance de 436m (du PK 0+643 au PK 1+079).

V.6 Raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilités et de confort, on distingue deux types raccordements :

V.6.1 Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part, il faut que la conception doive satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

V.6.2 Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

V.7 Caractéristiques des rayons du profil en long :

Selon le b40 et pour le cas de la **RN14**, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge, ils sont donnés par le tableau suivant :

Tableau V.1 Caractéristiques du profil en long.

Catégorie		C_2
Environnement		E_2
Vitesses de base (Km/h)		80
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) R_{Vm1} (minimal absolu) en m R_{Vn1} (minimal normal) en m	 2500 6000
Rayon en angle rentrant RV	Route unidirectionnelle :(2x2 voies) R'_{Vm1} (minimal absolu) en m R'_{Vn1} (minimal normal) en m	 2400 3000
Déclivité maximale	I_{max}(%)	5

V.8 Justification du tracé de profil en long

Le tracé du profil en long de l'ancien axe de la RN14 suit exactement le niveau du terrain naturel (une différence de 30cm a été acceptée).

On a essayé de suivre le même profil en long le long de la route, sauf dans les nouveaux tronçons qu'on a créés (du PK 175+000 au PK 176+000 et du PK 176+770 AU PK 177+450 lors du passage de l'ouvrage d'art) et quand les rayons existants sont inférieurs aux rayons saillants et rentrant minimums.

V.9 Détermination pratique du profil en long

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0$$

A l'équation de la parabole : $X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = X^2/2R$

Le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donner les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, B.
- Donner La pente P1 de la droite (AS).
- Donner la pente P2 de la droite (SB).
- Donner le rayon R.

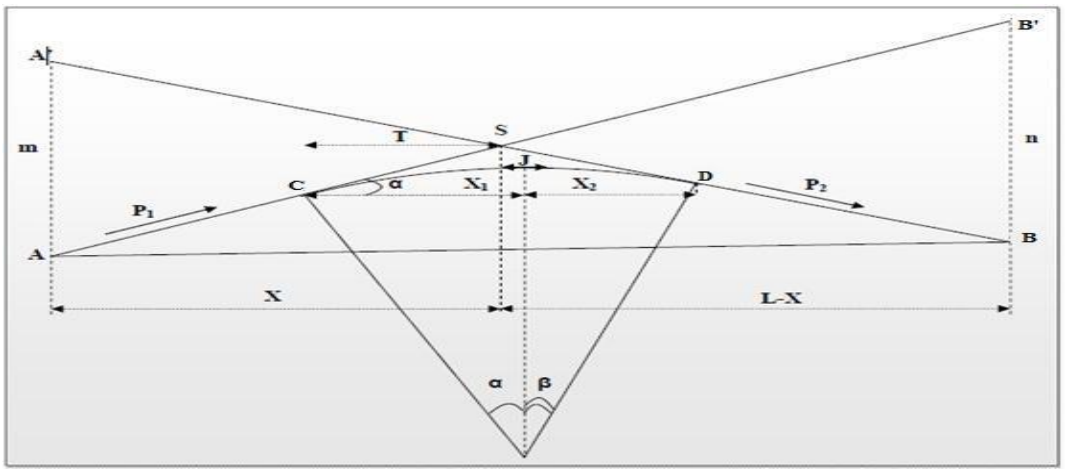


Figure V.1. Exemple de raccordement du profil en long (cas convexe).

1. **Détermination de la position du point de rencontre (s) :**

On a: $Z_{A'} = Z_B + LP_2$; $m = Z_{A'} - Z_A$

$Z_{B'} = Z_A + LP_1$; $n = Z_{B'} - Z_B$

Les deux triangles SAA‟ et SBB‟ sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{X}{L - X} \Rightarrow\gg X = \frac{mL}{m + n}$$

$$\rightarrow S\begin{cases} Xs = X + XA \\ Zs = P1X + ZA \end{cases}$$

2. **Calcul de la tangente :**

$$T = \frac{R}{2}|P1 \pm P2|$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend lorsque les deux pentes sont de même sens.

$$C\begin{cases} Xc = Xs - T \\ Zc = Zs - T\ P2 \end{cases}$$

$$D\begin{cases} Xd = Xs + T \\ Zd = Zs + T\ P2 \end{cases}$$

3. **Projection horizontale de la longueur de raccordement :**

$$L_R = 2T$$

4. **Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

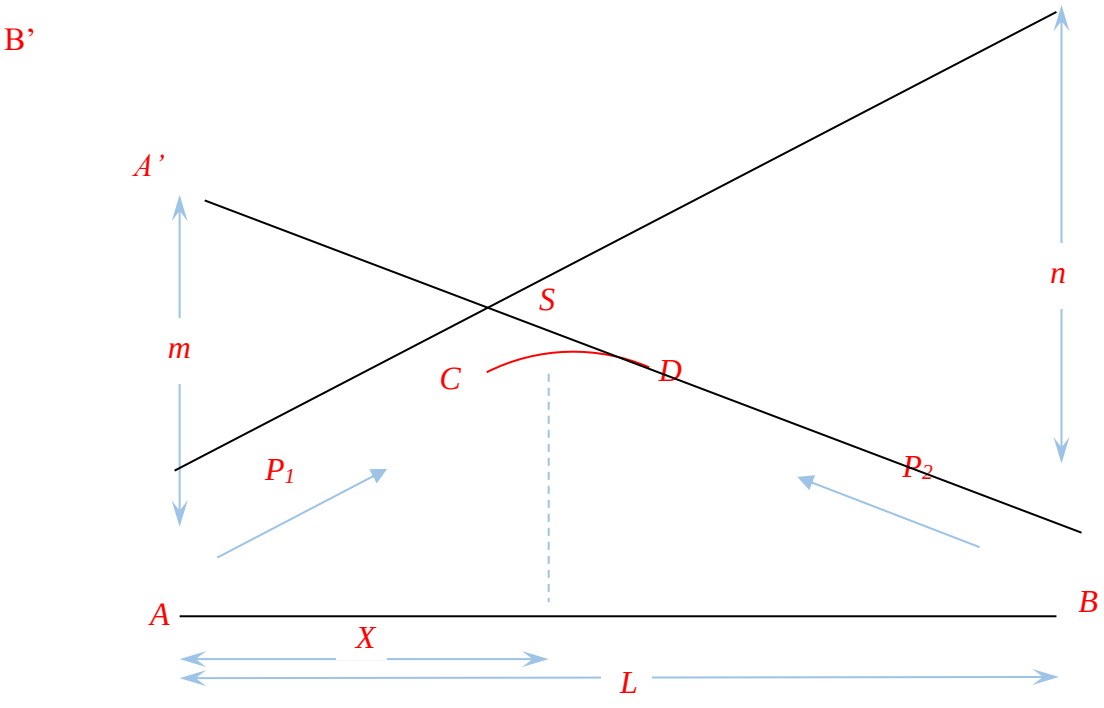
5. Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \dfrac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_S + X_{J/A} \\ Z_J = Z_S - Z_{J/A} \end{cases}$$

Exemple de calcul manuel : (Cas d'un rayon convexe)



$$A \begin{cases} X_A = 6699.718\text{m} \\ Z_A = 921.215\text{ m} \end{cases} \qquad B \begin{cases} X_B = 7618.604\text{m} \\ Z_B = 936.788\text{ m} \end{cases} \qquad S \begin{cases} X_S = 7540.758\text{ m} \\ Z_S = 937.279\text{ m} \end{cases}$$

R = 6130m

a)- Calcul des pentes :

$P_1 = \Delta Z_1 / S_1$ $\quad P_1 = \frac{937.279-921.215}{7540.758-6699.718} = 0.0191 \quad \mathbf{P_1 = 1.91\%}$

$P_2 = \Delta Z_2 / S_2$ $\quad P_2 = \frac{936.788-937.279}{7618.604-7540.758} = -0.0063 \quad \mathbf{P_2 = -0.63\%}$

b)- Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2}|P1 \pm P2|$$

T= (6130/2)×(0.0191+0.0063) **=77.851 m**

c)- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

- C $\begin{cases} X_C = 7540.758 - 77.851 = \mathbf{7462.907\ m} \\ Z_C = 937.279 - 77.851 \times 0.0191 = \mathbf{935.792 m} \end{cases}$
- D $\begin{cases} X_D = 7540.758 + 77.851 = \mathbf{7618.609\ m} \\ Z_D = 937.279 + 77.851 \times 0.0063 = \mathbf{937.769\ m} \end{cases}$

d)- Calcul de la longueur de raccordement :

L=2×T =2×77.851=**155.702 m**

f)-Calcul de la flèche :

$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{77.851^2}{2\times 6130} = 0.494\ m$

e)- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/A} = 6130 \times 0.0191 = \mathbf{117.083\ m} \\ Z_{J/A} = 117.083 \times 0.0191 - \frac{(117.083)^2}{2 \times 6130} = \mathbf{1.118 m} \end{cases}$$

J $\begin{cases} X_J = X_S + X_{J/A} = 7540.758 + 117.083 = \mathbf{7657.841\ m} \\ Z_J = Z_S - Z_{J/A} = 937.279 - 1.118 = \mathbf{936.161\ m} \end{cases}$

Tableau V.2 Tableau de comparaison.

	Calcul automatique	Calcul manuel
C	$X = 7462.907$ m $Z = 935.792$m	$X = 7462.924$ m $Z = 935.792$ m
D	$X = 7618.609$ m $Z = 937.769$ m	$X = 7618.604$ m $Z = 937.788$ m
T	77.851 m	77.851 m
L_R	155.702 m	155.702 m

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel autopiste et sont joints dans l'annexe.

.

Chapitre VI :
Profil en travers

VI. Profil en Travers

VI.1 Introduction

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Il existe deux types de profil en travers : le profil en travers courant et le profil en travers type :

a) **Le profil en travers type :** C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.
Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais ou mixte).

b) **Le profil en travers courant :** Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m…) qui nous permettent à calculer les cubatures.

VI.2 Eléments constitutifs du profil en travers

L'emprise : c'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

L'assiette : c'est la surface de la route délimitée par les terrassements. Ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

La plateforme : elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre-plein central.

La chaussée : Portion de la route comprenant les différentes voies de circulation destinées aux différentes catégories de véhicules, d'après l'étude de trafic, la chaussée est de type 2×2 voies de largeur 3,50 m**.**

Terre-plein central (T.P.C) : il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

i. **Une surlargeur de chaussée** de 0.3m (portant la bande de guidage de 0.2m)

ii. **Bande médiane (centrale) :** Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implantercertains équipements (les barrières de sécurité, les supports de signalisation, les ouvrages d'évacuation des eaux, l'équipement d'éclairage, les piles d'ouvrages…). Elle est soit engazonnée, stabilisée ou revêtue. Sa largeur dépend des éléments qui y sont implantés.

En respectant les normes du B40 (paragraphe 4.7.3) on va prendre une largeur de bande médiane de 1m (pour l'implantation des équipements d'éclairage et les supports de signalisation) et on va utiliser des séparateurs en béton armé de 0.5m des deux côtés d'où une largeur totale de 2m.

Notre TPC est donc de dimensions 2+0.6=2.6m

Les accotements : ce sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés, revêtues ou stabilisés…

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

La bande d'arrêt d'urgence : elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussé d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée.

D'après le **B40** (paragraphe 4.6.2) et pour une chaussée sans piétons, On prend une largeur de 2.5m non revêtue.

La berme : elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations.). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place, D'après le B40 (paragraphe 4.6.2), on prend une largeur de 0.75m.

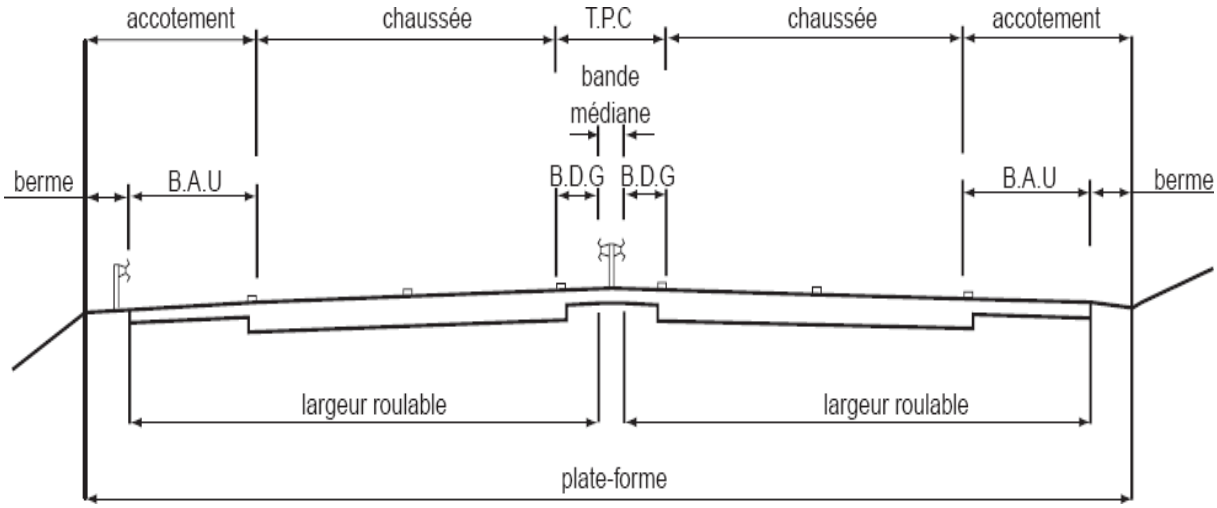


Figure VI.1. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante.

VI.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art (B40 paragraphe 4.8.1)

La largeur de la chaussée est soit conservée soit augmentée de certaines surlargeurs.

Pour un passage supérieur, les bandes d'arrêt sont soit supprimés soit conservés à leur largeur courante.

Le reste des accotements est remplacée par les éléments du tablier qui sont strictement nécessaires pour y remplacer les dispositifs de sécurité éventuels et les gardes corps, et pour y assurer le passage des piétons.

VI.4 Pentes transversales :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente de l'accotement est de 4%.

Les pentes du versant en toit du T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R,entre 2,5% pour Rnd et 7% pour Rm.

La pente de l'accotement est de 4% lorsque le devers de la chaussée est inférieur à 4%.

Lorsque le devers de la chaussée est supérieur à 4% ; à l'intérieur de la courbe, la pente de l'accotement doit être égale au devers ; à l'extérieur de la courbe, la pente est une valeur comprise entre le devers et 2% à l'intérieur, la surface étant traitée pour éviter la formation des boues **(paragraphe 4.5.4 du B40).**

Changement de dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif (clothoïde).

Point de rotation des dévers :

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

Dans notre cas le TPC n'est revêtu. Le point de rotation des dévers se situe sur le bord gauche de la chaussée.

Tableau VI.1 Profil en travers type proposé.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 2x2	3.5	4	**14**
Terre-plein centrale (T.P.C)	2.6	1	**2.6**
Bande de guidage	0.3	2	0.6
Bande médiane	2.0	1	2.0
Accotement	3.25	2	**6.5**
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5.0
La berme	0.75	2	1.5
Dévers en section droite			
Chaussée **TPC** **L'accotement**	2.5% vers l'extérieur. Identique à celle de la chaussée. 4%.		
Dévers en courbe			
Chaussée **TPC** **L'accotement**	7% (maximum) Identique à celle de la chaussée. Selon le devers mais au minimum 4%		

Le profil en travers type est joint en annexe en format A3

Chapitre VII :
Cubature

VII. Cubature

VII.1 Introduction

La réalisation d'un ouvrage nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies, il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel, ce calcul s'appelle les cubatures des terrassements.

Le calcul des cubatures nécessite la connaissance du : profil en long, profil en travers et la distances entre les profils, mais avant de calculer le volume des terres compris dans une butte en déblai, ou dans un remblai, On doit déterminer auparavant les surfaces des différents profils en travers.

VII.2 Méthode de calcul des cubatures

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, les plus utilisées sont :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

La méthode SARRAUS est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD (surface de déblai) et SR (surface de remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

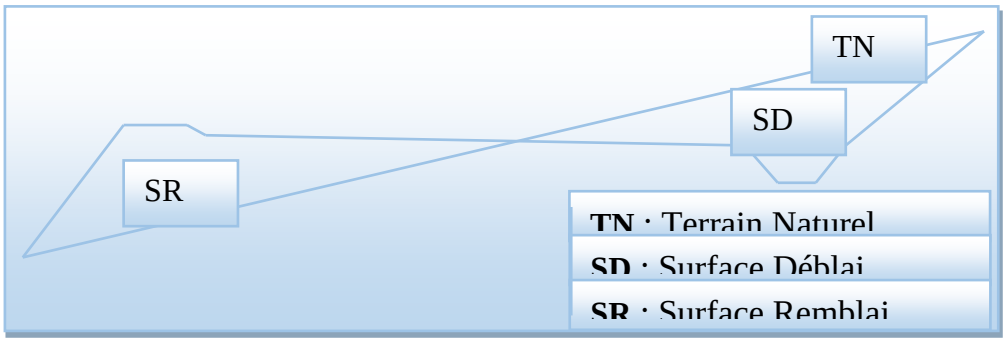


Figure VII.1. La méthode utilisée pour calculer les cubatures.

Pour calculer les volumes on utilise la formule suivante :

$$V = \frac{L}{6}(S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$

Avec :

- H : hauteur entre deux profils.
- S moy : surface limitée à mi- distances des profils.
- S1 : surface de profil en travers P1.
- S2 : surface de profil en travers P2.

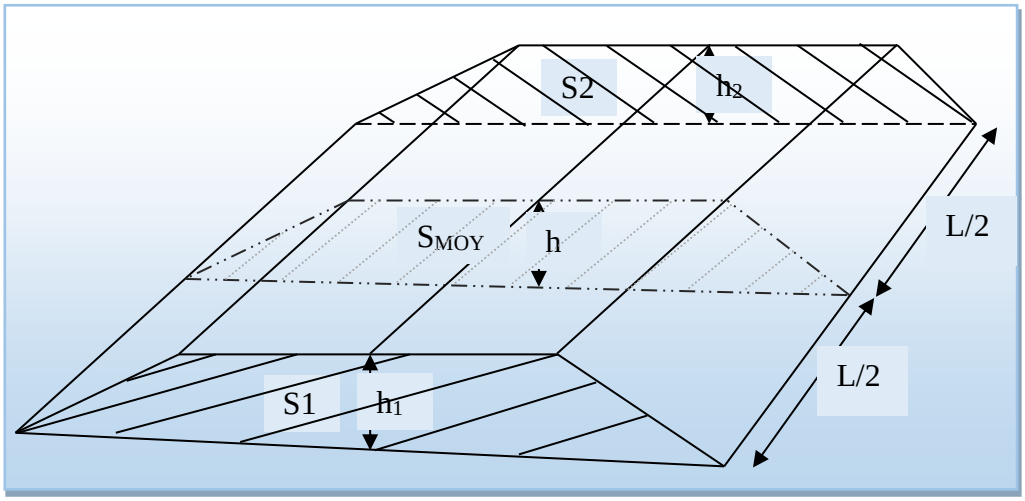


Figure VII.2. Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale).

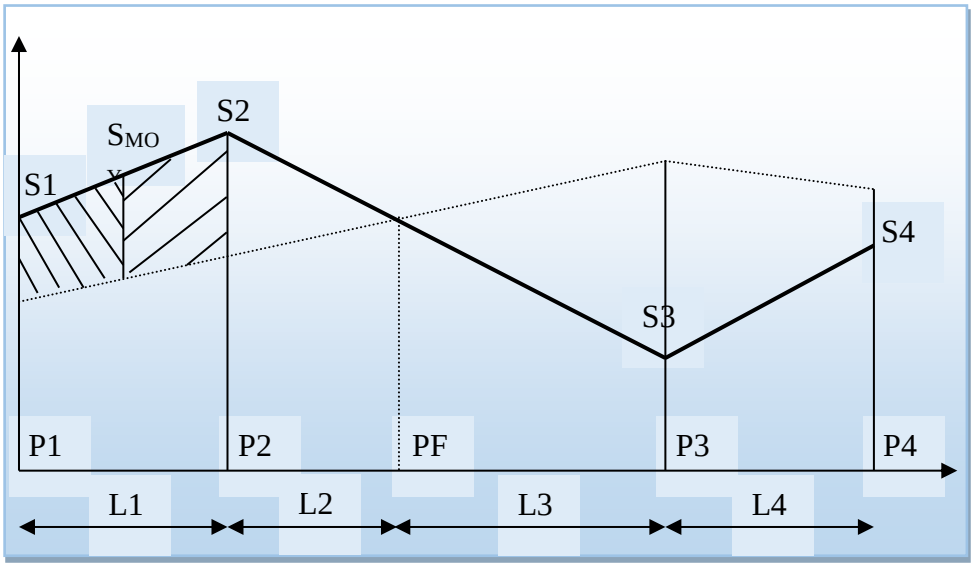


Figure VII.3. Méthode de la moyenne des aires (projection verticale).

Avec :

- PF : profil fictive, surface nulle
- Si : surface de profil en travers Pi
- Li : distance entre ces deux profils
- S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $\frac{(S1+S2)}{2}$.

Ça nous donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc :

$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$ Entre P1 et P2

$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$ Entre P2 et PF

$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$ Entre PF et P3

$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$ Entre P3 et P4

Le volume total est la somme des volumes V1, V2, V3 et V4 :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

VII.3 Calcul des cubatures de terrassement :

En utilisant le logiciel Autopiste16 on a obtenu les résultats suivants :

- Le volume total des remblais est de : 21470 m^3.
- Le volume total des déblais est de : 244158,4 m^3.

Les résultats du calcul des cubatures sont joints en annexe

VII.3.1 Commentaire

Nous avons obtenu de grands volumes parce que l'axe de la Route RN14 se trouve près des accidents topographiques (surtout du PK 173+000 au PK 177+200) et puisque les constructions et les différentes contraintes existantes ne permettaient pas le passage par le coté où il y avait peu de travaux à faire.

De plus la réalisation du nouveau tronçon qui contient le nouvel ouvrage d'art du PK 176+770 au PK 177+450 va ajouter une quantité importante de cubatures.

Chapitre VIII :
Etude géotechnique

VIII. Etude géotechnique

VIII.1 Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Pour cela, une compagne des essais doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.

VIII.2 Contexte géologique :

VIII.2.1 Géologie régionale

La consultation des cartes géologiques de la région de Tiaret révèle la présence de formations représentées dans la figure ci-dessous :

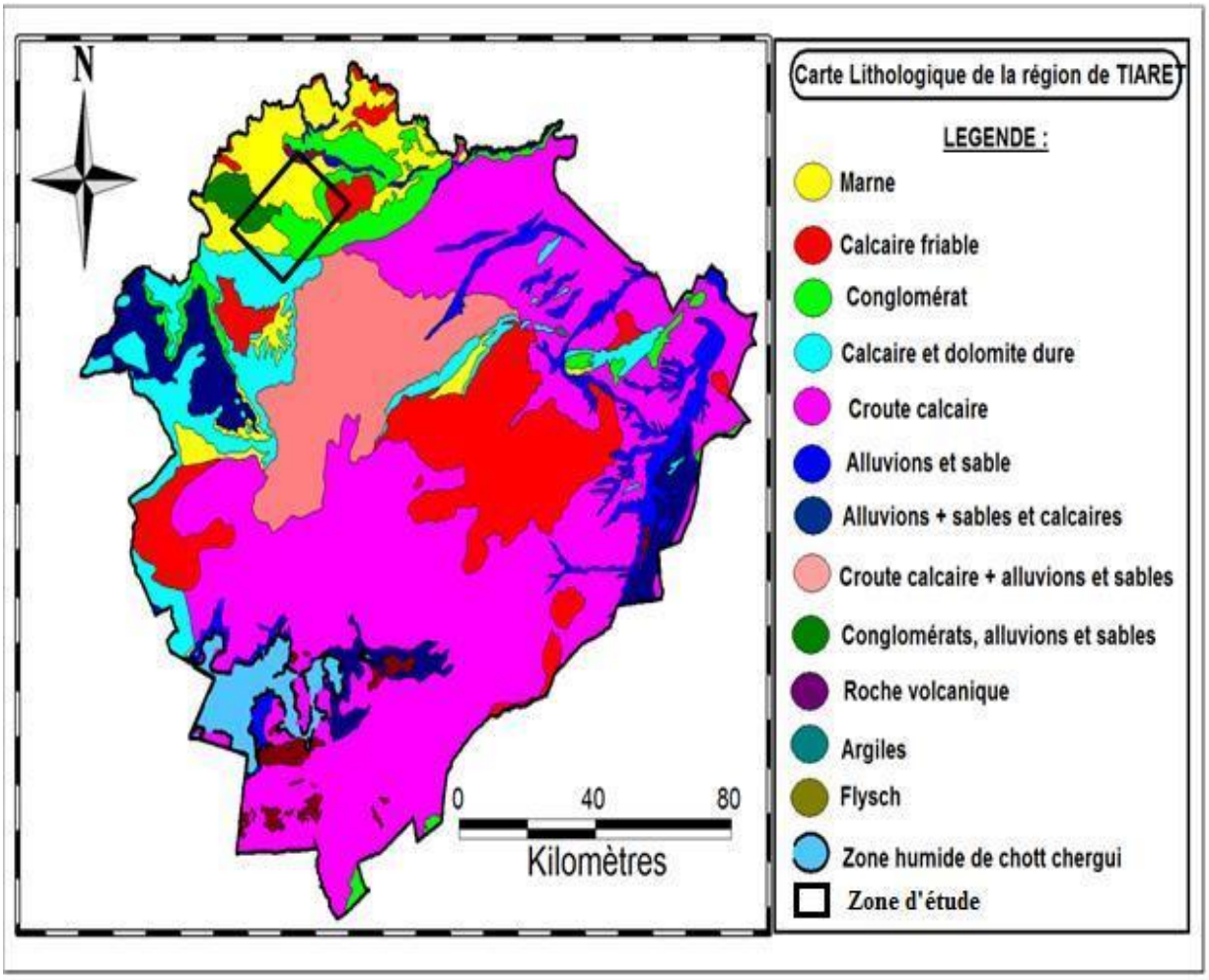


Figure VIII.1. Carte géologique de la région.

VIII.2.2 Climat et hydrogéologie :

Le climat de la wilaya de Tiaret se caractérise principalement par un climat continental à l'hiver froid et humide et à l'été chaud et sec, cette continentalité est traduite par la grande amplitude thermique, qui montre l'importance de la chaleur estivale.

Cette région reçoit 350 à 400 mm de pluies en moyenne par an.

VIII.3 Moyens de la reconnaissance :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et des documents existants.
- Les visites de site et les essais **« in-situ »**.
- Les essais de laboratoire.

VIII.3.1 L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont une source importante d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région peuvent parfois apporter des indications précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques.

VIII.3.2 Essais in situ :

- Les méthodes géophysiques : la prospection sismique, la prospection électrique…
- Les sondages carottés (équipé d'un piézomètre pour déterminer le niveau de la nappe).
- Les sondages pressiométriques.
- Les puits de reconnaissance.

VIII.3.3 Essais de laboratoire :

i. Essais physico-chimiques

- Analyses granulométriques et la sédimentométrie (**NF P 94 – 056 et NF P 94 – 057)** : servent à déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou grosseurs et après la classification des sols
- Teneurs en eau (W) du sol pour classer les différents types de sols.
- Les limites d'Atterberg eau (**NF P 94 – 051)** : les limites de plasticité (W_p) et liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_P = W_L – W_P$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en
- Mesure des densités sèches (γ_s), humide (γ_h), et du degré de saturation (S_r).

ii. Analyses chimiques :

- Teneurs en $CaCO_3$ **NA -2789 :** qui permet de façon directe de quantifier la fraction chimique carbonatée contenue.
- Teneurs en sulfates **NA-16002 :** pour connaitre l'agressivité du sol.
- Essai de bleu de méthylène **NF P 94 – 068/1993:** pour révéler la présence des fines de nature argileuse et d'en déterminer la concentration.
- Evaluation de la matière organique **NF P 94 – 055.**

iii. Essais mécaniques

- Essai Proctor modifié **(NF P 94-093) :** permet de déterminer la teneur en eau optimale (W_{opm}) correspondante à la densité sèche maximale (γ_{opm}), nous servent à appréhender un sol à se compacter et définir les objectifs de compactage à atteindre.
- Essai CBR **(NF P 94-087)**: permet d'évaluer la portance du sol support pour dimensionner le corps de chaussée et de classer le sol support.
- Essai de compressibilité à l'odomètre pour estimer le tassement.
- Essais de cisaillement pour déterminer la cohésion et l'angle de frottement.
- Essai Los Angeles (NFP 18-573): pour mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier
- Essai Micro Deval (NFP 18-572): permet d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats.

VIII.4 Résultats et interprétations des essais Géotechniques :

L'étude géotechnique du projet du dédoublement Tiaret Frenda a été faite par le laboratoire des travaux publics Ouest Tiaret, on a récupéré les résultats suivants :

VIII.4.1 Essais in situ :

- **A partir des puits de reconnaissance** :

Tableau VIII.1 Puits de reconnaissance.

N° Puits	PK	Profondeur en (m)	Interprétation
1	174+300	0.00 – 1.00 m	Argile sableuse marron jaunâtre à passées de calcaire en blocs centimétriques.
		1.00 – 2.00 m	Argile fortement sableuse jaunâtre passant à une argile verdâtre à 2.00m
2	175+100	0.00 – 0.40 m	Sol remanié formé d'argile marron à cailloux et blocs.
		0.40 – 2.00 m	Argile verdâtre à aspect feuilleté, localement légèrement sableuse, indurée
3	178+300	0.00 – 0.40 m	Remblai d'argile sableuse
		0.40 – 0.90 m	Ancienne terre végétale d'argile silto-sableuse marron brunâtre.
4	179+600	0.00 – 0.60 m	Terre végétale formée d'argile marron brunâtre.

		0.60 – 2.00 m	Calcaire fortement argileux sableux jaune pâle à blanchâtre à concrétion de calcaire

Description géologique du tracé : Géologiquement, le tracé de la RN 14 entre l'évitement sud de Tiaret et Mellakou est caractérisé par des formations rocheuses avec des intercalations d'argile et la présence des alternances des calcaires, grès et d'argile.

- **A partir des sondages carottés** :

Tableau VIII.2 Les sondages carottés.

Sondage carotté	N°	PK	Profondeur (m)	Lithologie
SC1		PK 176+400	0,00 - 5,00	Dépôt de terrasse d'Oued formé de sable argileux marron puis noirâtre
			5.00 - 8.00	Dépôt d'Oued formé de galets hétérogènes emballés dans un sable argileux
			8,00 - 15,00	**A**rgile grisâtre indurée à aspect feuilleté.
SC2		PK 176+900	0,00 - 5,00	Dépôt de terrasse d'Oued formé de sable argileux marron entre 0.00 et 1.20m puis noirâtre entre 1.20 et 5.00 mètres.
			5,00 - 8,00	Dépôt d'Oued formé de galets hétérogènes emballés dans un sable argileux.

		8,00 – 10,00	Calcaire grisâtre fracturé récupéré en débris.

A partir des essais de pénétration dynamique :

Les tableaux suivants résument les résistances de pointe enregistrées à certains niveaux :

Tableau VIII.3 Essai de pénétration dynamique.

N° de L'essai	Résistances de pointe enregistrées en (bars) à											refus
	1.00 m	2.00 m	3.00 m	4.00 m	5.00 m	6.00 m	7.00 m	8.00 m	9.00 m	10.00 m	11.00 m	
K1	137.60	205.40	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2.10
K2	215.00	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.75
K3	120.40	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.45
K4	137.60	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.70

La quasi –majorité des pénétrogrammes dans notre tronçon indiquent des résistances de pointe « Rp » moyennes avec des refus qui ne dépasse pas le cap de 2.10 mètres mis à part, les résistances de pointe enregistrées s'améliore en profondeur.

VIII.4.2 Les essais de laboratoire :

Essais d'identification :

Tableau VIII.4 Résultats des essais d'identification.

Puits n°	Echantillon n°	Prof (m)	Essais physiques					Essais chimiques	
			Granulométrie		Mesures des limites d'Atterberg			Valeur au bleu de méthylène	Teneur en carbtes
			80µm (%)	2µm (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	VBS (cgr/gr)	CaCO3 (%)
1	P1	1.00-2.00	40	12	23.70	N.M	N.M	0.58	02

	P2		**41**	**14**	**23.85**	**N.M**	**N.M**	**0.59**	**02**
2	**P1**	**0.50-2.00**	**59**	**05**	**28.65**	**16.86**	**11.79**	**1.29**	**10**
	P2		**60**	**05**	**28.70**	**18.09**	**10.61**	**1.09**	**16**
3	**P1**	**1.00-2.00**	**69**	**06**	**31.10**	**20.34**	**10.76**	**1.11**	**70**
	P2		**70**	**06**	**31.15**	**19.74**	**11.41**	**1.26**	**72**
4	**P1**	**1.00-2.00**	**59**	**05**	**36.30**	**26.18**	**10.12**	**1.02**	**80**
	P2		**60**	**05**	**36.35**	**26.29**	**10.06**	**0.99**	**82**

- **Granulométrie :**

Les courbes granulométriques sont étalées, non uniformes, passent du gravier jusqu'au limon.

- **Limites d'Atterberg :**

Les limites d'Atterberg dépendent étroitement de la granulométrie des échantillons ; les valeurs des limites de liquidité et celles de l'indice de plasticité augmentent régulièrement avec le taux d'éléments fins (limons et argiles).

Les indices de plasticité indiquent en générale une faible plasticité, les paramètres varient comme suit :

- $23{,}6\% \leq W_L \leq 36{,}35\%$.
- $0.06 \leq IP \leq 11.79$.

- **Teneur en carbonate de calcium** ($CaCo_3$)

Les valeurs de teneur en carbonate de calcium indiquent un sol argileux pure à calcairo-marneux.

Le pourcentage des Carbonates ($CaCO_3$) varie entre :

$$02\ \% \leq CaCO_3\ (\%) \leq 82\%.$$

- **Valeur au bleu de méthylène (VBS)**

Comme en témoignent les résultats de l'essai au bleu de méthylène (**V.B.S**) récapitulés dans le tableau ci-dessus, nous avons affaire à une argile peu active (les valeurs sont comprises entre 0.58 et 1.29 cgr par gr)

Essais de portance :

Tableau VIII.5 Essai de portance.

Puits n°	Echantillon n°	Proctor				Indice CBR
		Normal		Modifié		
		W (%)	γd (t/m^3)	W' (%)	γ'd (t/m^3)	I CBR à 100 % àγOPM
1	P1+ P2	9.84	1.81	9.52	1.95	8.31
2	P1+ P2	11.48	1.85	11.29	2.09	6.67
3	P1+ P2	15.00	1.62	13.33	1.86	15.55
4	P1+ P2	19.30	1.51	18.97	1.65	32.20

Essais de portance :

Les valeurs des indices CBR à 100 à γOPM de sont assez variables, comprises généralement entre 8,31 et 32,2 %.

Essais Proctor « modifiés » :

Les densités sèches optimales (y_dOPM) obtenues sont, de l'ordre de 1.65 t/m^3 à 2.09t/m^3, pour des teneurs en eau à l'optimum Proctor Modifié entre 9.5% et18.9%.

Au niveau d'Oued Mina (PK 176+400) :

- **Essais d'identification :**

Tableau VIII.6 Essai d'identification.

Profondeur (m)	Essais physiques					Essais chimiques					
	Granulométrie		Mesures deslimites d'Atterberg			Valeur au bleude méthylène			Teneur en carbonates	Teneur en sulfates	Teneur en matière organique
	80µm (%)	2µm (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	VBS (%)	ACB (cgr/gr)	Sa (m2/gr)	CaCO3 (%)	SO_4^{-2} (mg/kg)	M.O(%)
Sondage carotté n°01											
8.00-10.00	16	00	38.8	25.5	13.30	1.3	//	32	44	Nulle	Nulle
Sondage carotté n°02											
3.50-5.00	35	04	30.4	9.52	10.88	.10	25	25	26	Nulle	0.11

Les indices de plasticité (Ip) obtenus varient permettent de positionner la formation argileuse dans la zone des argiles peu plastiques.

L'analyse granulométrique effectuée sur le sol présente un pourcentage de fines varie de16 à 35%(éléments inférieurs à 0.08mm) avec une faible fraction argileuse (éléments inférieurs à 2 microns).

Comme en témoignent les résultats de l'essai au bleu de méthylène (**V.B.S**) récapitulés dans le tableau ci-dessus, nous avons affaire à des argiles active et sensible à l'eau.

Les valeurs de teneur en carbonate de calcium mesurées à différentes profondeurs sont entre 26% <CaCo3 <44%. Ces valeurs caractérisent un sol faiblement marneux à marneux.

Les valeurs des teneurs en sulfates et en matière organique montrent une faibleagressivité vis-à-vis le béton et un sol inorganique (pas un grand danger sur l'ouvrage à réaliser).

Essai de pénétration dynamique

Cinq (05) essais de pénétrations dynamiques notés K1 à K5 ont été réalisés à l'aide de pénétromètre dynamique lourd répartis au voisinage des sondages carottés avec une fréquence de deux essais par sondage.

Les tableaux suivants résument les résistances de pointe enregistrées à certains niveaux :

Tableau VIII.7 Résistance de pointe enregistrée.

N° de L'essai	Résistances de pointe enregistrées en (bars) à								Refus en (m)
	1.00 m	2.00 m	3.00 m	4.00 m	5.00 m	6.00 m	7.00 m	8.00 m	
K1	8.60	39.50	22.20	27.60	38.40	183.00	228.00	/	7.50
K2	17.20	15.80	29.60	27.60	51.20	164.70	245.10	/	7.90
K3	51.60	47.40	88.80	20.70	6.40	359.90	171.00	/	7.30
K4	43.00	63.20	22.20	20.70	57.60	189.10	233.70	/	7.50
K5	103.2	86.90	118.40	124.2	121.60	152.60	171.00	199.8	8.50

Les pénétrogrammes présentent des résistances de pointe « Rp » assez variables qui s'améliore aisément à partir de 6.00 mètres de profondeur jusqu'un refus de 8.50 mètres.

VIII.5 Condition d'utilisation des sols:

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm.
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Classification du sol

La classification GTR est fondée sur trois types de paramètres à savoir : nature état et comportement mécanique su sol. Elle est axée sur les conditions de réutilisation en remblai ou en couche de forme.

La classification des sols rencontrés dans le tronçon d'étude selon le GTR est donnée dans letableau suivant :

Tableau VIII.8 Classification GTR des échantillons prélevés des puits.

Puits	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classification GTR
P01 P02 P03 P04	D<50mm et Tamisât à 80µm>35%	10.06 <I_P <11.79 où 0.58 <VBS <1.29	Sols fins A1 – limons peu plastiques, silts alluvionnaires, sables fins pollués, arènes peu plastiques.

On n'a pas eu des informations ni sur les teneurs en eau naturelles ni sur les indices de portance immédiats et donc on ne peut rien dire sur l'état hydrique du sol.

VIII.5.1 Les recommandations d'utilisation des matériaux en remblai :

Le climat de la wilaya de Tiaret se caractérise principalement par un climat continental à hiver froid et humide et à été chaud et sec dans les zones situées dans lesparties du Centre et sud de la Wilaya avec une moyenne de 350 mm à 400 mmd'eau de pluie par an.

Donc dans la Situation météorologique : pluie moyenne

Tableau VIII.9 Conditions d'utilisation du sol A1 en remblais.

<table>
<tr><th>Sol</th><th>Observation Générale</th><th>Situation météorologique</th><th>Condition d'utilisation en remblai</th></tr>
<tr><td>A_1th</td><td colspan="3">Sols normalement inutilisables en l'état</td></tr>
<tr><td rowspan="4">A1h</td><td rowspan="4">Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.
Ils sont sujets au matelassage.
Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.</td><td>Pluie faible</td><td>Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes</td></tr>
<tr><td>ni pluie ni évaporation importante</td><td>Solution 1 : traitement
Traitement avec un réactif adapté
Compactage moyen</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Evaporation importante</td><td>Solution1 : utilisation de l'état
Compactage faible
Remblai de hauteur faible</td></tr>
<tr><td>Solution2 : aération
Extraction en couche minces
Réduction de la teneur en eau par aération</td></tr>
</table>

			Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne (<10m)
			Solution3 : traitement Traitement avec un réactif adapté Compactage moyen
A1m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter.	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	Extraction frontale Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne (<10m)
		ni pluie ni évaporation	compactage moyen
		Evaporation importante	Solution1 : arrosage superficiel Pour maintien de l'état Compactage moyen
			Solution2 utilisation en l'état Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (<10m)
			Solution3 : extraction frontale avec compactage moyen
A1s	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	Extraction en couche mince Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne (<10m)
		ni pluie ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse Humidification pour changement d'état Régalage en couches minces Compactage moyen

			Solution 2 : emploi en l'état Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (<10m)
		Evaporation importante	Solution1 : arrosage superficiel Pour maintien de l'état Compactage intense Remblai de hauteur faible
			Solution2 : extraction avec arrosage superficiel Extraction frontale Arrosage superficiel Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (<10m)
			Solution3 : humidification dans la masse Humidification pour changement d'état Couches minces Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (<10m)
A1ts	Sols normalement inutilisables en l'état		

VII.5.2 Condition d'utilisation en couche de forme :

La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe (A_1) implique de les traiter avec des liants hydraulique associés éventuellement à la chaux pour les pouvoir utiliser en couche de forme.

La maitrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau, ces sols se traitent généralement en place.

Dans le cas où il y'a une faible pluie : la situation météorologique ne garantit pas une maitrise suffisante de l'état hydrique du mélange : sol plus liant(s).

VIII.6 Conclusion

Notre projet traverse une zone avec de bonnes caractéristiques physico-mécaniques (voir tableaux récapitulatifs ci-dessus), du point de vue géologique et hydrologique aucun incident notable n'est à signalé.

La classification des matériaux de déblais permet de déduire que les matériaux des déblais sont relativement utilisables en couche de forme ou en en remblai mais nécessite un traitement selon la situation météorologique comme indiqué au-dessus.

Pour la classification du sol support dans le calcul de dimensionnement du corps de chaussée, on prend une classe de portance S2 pour un indice C.B.R $_{\text{imbibé moy}}$=10.

Chapitre IX :

Dimensionnement du corps de chaussée

IX. Dimensionnement du corps de chaussée

IX.1 Introduction

Dans tout projet routier, il faut assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques, mais il faut aussi lui assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui la rendent résistante aux agressions des agents extérieurs (action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds, l'effet du gradient thermique, la pluie, le verglas …) pendant toute sa durée de vie.

L'application d'une charge roulante induit une déformation en flexion des couches de la structure, cette flexion entraine des sollicitions en compression et des sollicitations de tractions.

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender cette déformation. Elles donnent lieu ensuite à différents modèles de dimensionnement qui sont généralement en fonction de :

- Trafic
- Sol support
- Environnement de la route (le climat et la pluviométrie)

IX.2 La chaussée

IX.2.1 Définitions

Les chaussées (routières, ferroviaires, aéroportuaire, etc) sont des structures composites, multicouches, souvent complexes, conçus pour résister sur une durée de vie relativement longue aux multiples sollicitations mécanique (liées principalement au passage de charges lourdes) et climatiques (cycles de température, pluie, gel, etc) qui l'une après l'autre dégradent les performances initiales des matériaux et leur interface.

IX.2.2 Les différents types de chaussée

Les chaussées peuvent être classées en trois grandes catégories :

IX.2.2.1 Chaussée souple :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent sont traitées aux liants hydrocarbonés. Elle est constituée de :

- Une couche de roulement qui subit directement les agressions du trafic et du climat.
- Une couche de base et une couche de fondation permettent à la chaussée de résiste mécaniquement aux charges induites par le trafic et de les répartir dans le sol support en prenant en compte ses limites admissibles.
- Dans des cas exceptionnels d'une couche de forme.

IX.2.2.2 Chaussée rigide :

Elle est réalisée généralement avec du béton de ciment ; la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une douche de roulement en béton bitumineux. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le support et la bonne tenue à la fatigue, mais elle est chère par rapport aux autres types de chaussées.

IX.2.2.3 Chaussée semi rigide :

Elle est constituée d'une ou deux couches d'assise réalisées avec des graves traitées aux liants hydrauliques (ciment, cendres volantes) et d'une couche de surface en béton bitumineux, son comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples ; la répartition des charges sur le support est bonne mais des contraintes de traction se développent à la base des couches (condition déterminante pour le dimensionnement de ces couches).

IX.3 Méthodes de dimensionnement :

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée sont basées sur la portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

On a opté dans notre projet pour une chaussée souple et on va la dimensionner avec les deux méthodes les plus utilisées ici en Algérie :

- Méthode CBR améliorée.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP.

IX.3.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée s'obtient en utilisant la formule empirique suivante :

$$\mathrm{Eeq} = \frac{100 + \sqrt{\mathrm{P}} \times (75 + 50 \times \log(\frac{\mathrm{N}}{10})}{\mathrm{Icbr} + 5}$$

Avec :

- Eeq: épaisseur équivalente du corps de chaussée ;
- I: indice CBR du sol support ;
- N: nombre moyen de poids lourd à l'année horizon;
- P: charge par roue, en Algérie on prend P = 6.5t (l'essieu 13 tonnes).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3}$$

Avec:

$\mathbf{a_1, a_2, a_3}$: coefficients d'équivalence.

$\mathbf{e_1, e_2, e_3}$: épaisseurs réelles des couches.

- **Coefficient d'équivalence :**

Les coefficients d'équivalence pour les matériaux les plus utilisés sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IX.1 Les valeurs des coefficients d'équivalence.

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50
Grave bitumen	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20

Sable	0.50
Tuf	0.60 à 0.70

IX.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

La méthode de catalogue de dimensionnement utilise les mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : le trafic, les matériaux, le sol support et l'environnement.

Ces paramètres constituent généralement des données d''entrée pour le dimensionnement, à partir desquelles on peut sélectionner une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

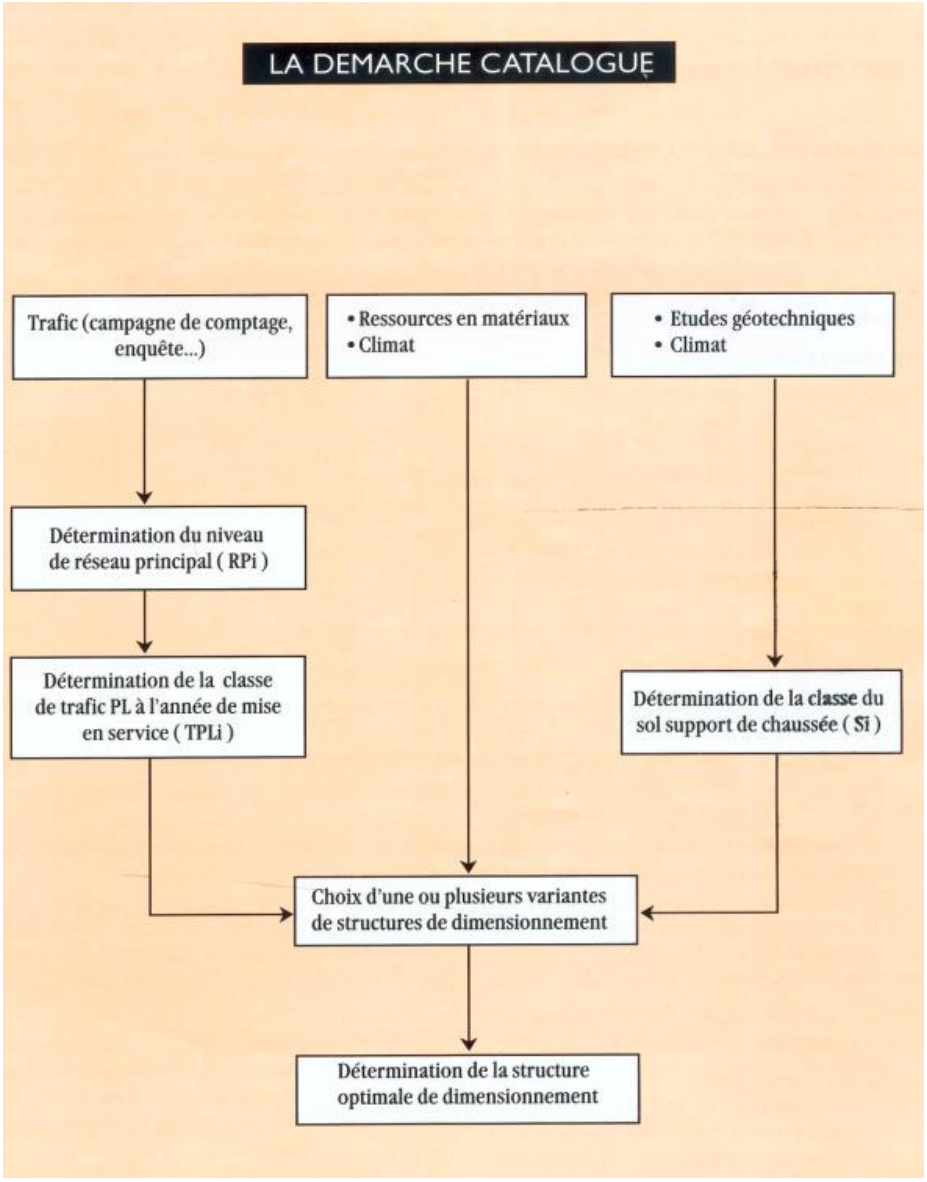


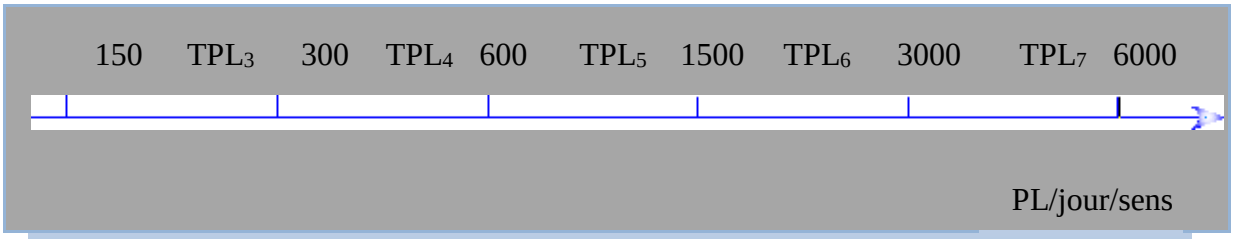
Figure IX.1. Démarche du catalogue.

IX.3.2.1 Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Pour le calcul du dimensionnement proprement dit, il faut calculer le trafic cumulé en essieux équivalent de 13 tonnes (TCE), ce qui fait intervenir la notion d'agressivité des poids lourds.

Classe TPLi pour RP1 :



IX.3.2.2 Présentation des classes de portance des sols :

Les classes de portance des sols sont en fonction de l'indice CBR, elles sont données dans le tableau suivant :

Tableau IX.2 Classe de sol support.

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S_0	>40
S_1	25-40
S_2	10-25
S_3	05-10
S_4	<05

IX.3.2.3 Zone climatique :

Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente. Celle-ci est telle que la somme des dommages subis par la chaussée pendant une année, pour une distribution de température donnée, soit égale au dommage que subirait la chaussée soumise au même trafic mais pour une température constante. Cette dernière se détermine par application du cumul des dommages de la loi de Miner.

Les valeurs des températures équivalentes retenues sont données dans le tableau suivant :

Tableau IX.3 Choix des températures équivalentes.

	Zone climatique		
Température équivalente θ_{eq}(°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

IX.4 Application au projet :

IX.4.1 Méthode CBR :

Nous avons comme données :

- Pourcentage du poids lourd Z = 30%.
- P = 6.5 (t).
- Trafic de l'année mise en service 2024 : TJMA (2024) = 5790 véh /j.
- Les indices de CBR des 4 puits sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IX.4 Les classes de sol.

Puits	PK Localisation	PK	ICBR	Classe
1	**(PK1+300)**	1+300	8.31	S3
2	**(PK2+100)**	2+100	6.67	S3
3	**(PK5+300)**	5+300	15.55	S2
4	**(PK6+600)**	6+600	32.2	S1

D'un point de vue global, nous sommes devant un sol de classe S2.

Pour des raisons pratiques on va dimensionner notre corps de chaussée pour un CBR de 10 mais il faut toujours vérifier si on aura besoin d'utiliser une couche de forme dans les points particuliers, ceux qui sont de classe S3 (qui présentent un indice CBR moins de 10).

On prend I_{CBR}=10.

- Calcul du trafic du poids lourd à l'année 2044 (pour une durée de vie de 20ans) :

$TJMA_{2024}$= 5790 (véh /j) → $TJMA_{2024/sens}$= (5790× 2/3) = 3860 (véh /j/sens)

TPL_{2024} = % PL ×$TJMA_{2024}$→ TPL_{2024} = 0.3×3860

TPL_{2024} = 1158 (pl/j/sens/).

TPL2044= TPL2024×$(1 +)^n$=1158 $(1 +0,04)^{20}$

TPL_{2044}= 2537(v /j/sens).

Et donc :

$$\mathbf{Eeq} = \frac{\mathbf{100}+\sqrt{\mathbf{6.5}}\times(\mathbf{75}+\mathbf{50}\times\mathbf{log}\left(\frac{\mathbf{2537}}{\mathbf{10}}\right))}{\mathbf{10}+\mathbf{5}} = 39.9\text{cm}.$$

On prend **Eeq=40cm**.

- Choix de la structure :

$$Eeq=a1\times e1+e2\times a2+a3\times e3$$

Avec :

- e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- a1, a2, a3 : les coefficients d'équivalence.

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème :

- **e_1 = 6cm** en béton bitumineux (BB) avec $a_1 = 2.0$.
- **e_2 = 12 cm** en grave bitume (GB) avec $a_2 = 1,5$.
- **e_3 :** épaisseur en grave non traité (GNT) avec $a3 = 1,0$.

Donc

$E_{eq} = 6 \times 2 + 12 \times 1,5 + 1,0 \times e_3 = 40$ cm. → **e_3 = 10 cm.**

On prend une épaisseur de 15cm de GNT.

Donc la structure proposée :

6(BB) + 12 (GB) +15 (GNT) = 33 cm.

IX.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

IX.4.2.1 Choix de la structure :

➢ **Détermination du réseau principal :**

On a :

$TJMA_{2024}$=5790 véh/j > 1 500 véh/j ➔ Donc le réseau principal est de niveau 1 (RP1).

Tableau IX.5 Réseaux principaux.

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

➢ **Choix des structures types pour le réseau principal 1(RP1)**

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	- GL / GL - BCg / GC
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

Figure IX.2. Types de structures.

D'après le tableau ci-dessus, on choisit une structure de type : GB/GB.

➢ **Détermination de la classe de trafic TPL_i pour RP1 :**

- Pour une durée de vie de 20 ans.
- Taux de d'accroissement : 4 %
- Z= 30%.

➢ **Détermination de la classe du trafic**

$TJMA_{2024}$= 5790 (véh /j) ➔ $TJMA_{2024/sens}$= (5790× 2/3) = 3860(véh /j/sens).

TPL_{2024} = % PL × 0,9×$TJMA_{2024}$

➔ TPL_{2024} = 0.3×3860× 0,9

➔ TPL_{2024} = 1042 (pl/j/sens/voie plus chargée).

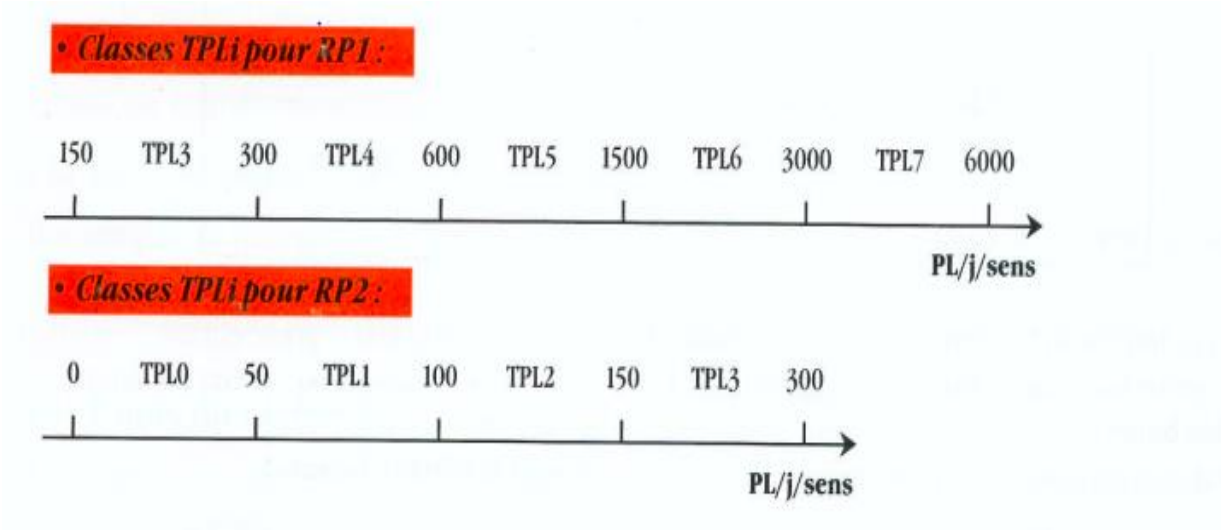


Figure IX.3. Classe de trafic poids lourd.

Notre trafic poids lourd est donc un **TPL5.**

➢ **Portance de sol support**

La classe du sol support est donnée en utilisant la relation empirique suivante :

E=5*CBR

Classes de sol-supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

Figure IX.4. Les classes de sol-supports.

Tableau IX.6 Portances du sol support.

Puits	PK Localisation	ICBR	E(MPa)	Classe
2	**(PK2+100)**	7.49	37.5	S3
3	**(PK5+300)**	15.55	77.8	S2
4	**(PK6+600)**	32.2	161	S1

De point de vue global, nous sommes devant un sol de classe S2.

Pour des raisons pratiques on va dimensionner notre corps de chaussée pour un CBR de 10 mais il faut toujours vérifier si on aura besoin d'utiliser une couche de forme dans les points particuliers (qui présentent un indice CBR moins de 10).

Selon le catalogue, pour les sols de classe S3 (les sols avec un indice de CBR moins de 10) on utilise une couche de forme pour le ramener à S2 ou à S1 (le recours à une couche de forme dans ce cas est nécessaire)

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Figure IX.5. Epaisseur du matériau de couche de forme.

Dans les sols de classe S3, on doit utiliser une couche de forme de matériaux non traités (du tuf par exemple) avec une épaisseur de 40cm compactée en 2 couches de 20cm comme l'indique la figure ci-dessus.

- **Zone climatique**

La région de Tiaret reçoit une 350 à 400 mm de pluies par an.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	> 600	très humide	Nord
II	350 - 600	humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100 - 350	semi - aride	Hauts-plateaux
IV	< 100	aride	Sud

Figure IX.6. Zone climatique.

La Zone climatique est donc II.

- **Choix de type de structure :**

Types de Matériaux	Fiche structure n°	Type structure	Zones climatiques (*)
1 - MTB (Matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I , II
	2	GB/GNT	I , II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SG1	IV
	5	GB/TUF1	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I , II
	7	BCg/GC	I , II

Figure IX.7. Types de structures.

On propose de prendre une structure de type **GB / GNT**

On a un réseau principal (**RP1**), une zone climatique **II**, une durée de vie de **20 ans**, un taux d'accroissement (**4%**), une portance de sol (**S2)** et une classe de trafic (**TPL5)**.

D'après ces données, et selon les fascicules (1, 2, 3) du catalogue Algérien on propose lesstructures suivantes :

Tableau IX.7 Les structures proposées.

Classe du sol	classe S3 (cm)	classe S2 (cm)
Couche de roulement	6 BB	6 BB
Couche de base.	20 GB	20 GB
Couche de fondation	30 GNT	30 GNT
Couche de forme	40 TUF	/

IX.4.2.2 Vérification des structures de chaussée et de la déformation du sol support

Il faut vérifier que ε_t et ε_z **(** calculées avec logiciel Alize III) sont inférieures aux valeursadmissibles calculées $\varepsilon_{t\,ad}$ **et** $\varepsilon_{z\,ad}$

Tel que :

ε_t : étant la déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités au bitume (dans notre cas sous la couche du GB).

ε_z : (sol) la déformation verticale sur le sol support.

- **Calcul de la déformation admissible sur le sol support**

En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times \mathbf{TCEi}^{-0.235}$$

Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :

$$TC = TPL \times \frac{-1 + (1+r)^n}{r} \times 365 = 1042 \times \frac{-1 + (1+0.04)^{20}}{20} \times 365$$

TC = 11.32 × 10^6 équivalents essieux 13t

Calcul de trafic cumule équivalant TCE :

TCE = TC × A

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Figure IX.8. Valeurs du coefficient d'agressivité A.

D'après le tableau ci-dessus A= 0.6

Donc :

TCE = TC × A= 11.32 × 10^6× 0.6 = 6.8 x 10^6

TCE=6.8 × 10^6 eq essieux 13t

Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\varepsilon_{z,\,adm}$:

$\varepsilon_{z,\,adm}$= 22×10^{-3}×$TCE^{-0.235}$=22×10^{-3}× (6.8×10^6)$^{-0.235}$ = 545.5 ×10^{-6}

$\varepsilon_{z,adm}$= 545.5 ×10^{-6}

- **Calcul de la déformation admissible $\varepsilon_{t,\,adm}$ à la base de la GB :**

En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon t,ad=\varepsilon_6(10^{\circ},25HZ) \times Kne\times K\theta\times Kr\times Kc$$

Avec :

- Kne =facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- Kθ :facteur lié à la température
- Kr :facteur lié au risque et aux dispersions
- Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées

Kne $=\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$; Kθ $=\left(\frac{E(10°C,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}\right)^{0.5}$; Kr = $10^{-tb\delta}$; Kc=1.3

Avec :

- TCEi: traffic en nombre cumulé d'essieux de 13 tonnes sur la durée de vie considérée
- b : pente de la droite de fatique (b<0)
- E (10°C° Module complexe de matériau bitumineux à 10°C
- E (θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée

- δ: f(dispersion), $\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)}$

avec SN : dispersion de le loi de fatique

- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)
- c : coéfficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normale , qui est en fonction du risque adopté (r%)

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Figure IX.9. Caractéristiques des matériaux enrobés.

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Figure IX.10. La température équivalente.

	Classe de trafic (TPLi) (PL /J sens)	TPL5	TPL6	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Figure IX.11. Le risque du projet.

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure IX.12. Fractile de la loi normale

À partir des tableaux précédents, on calcule les différents coefficients pour trouver :

- Kne $=\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{6.8\ x\ 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.755$
- Kθ $= \left(\frac{E(10°C\ ,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}\right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = 1.336$

- $Kr = 10^{-tb\delta}$, avec r= 10%, d'ou t = -1.282

  $\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)} = \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146} \times 3\right)^2\right)} = 0.609$

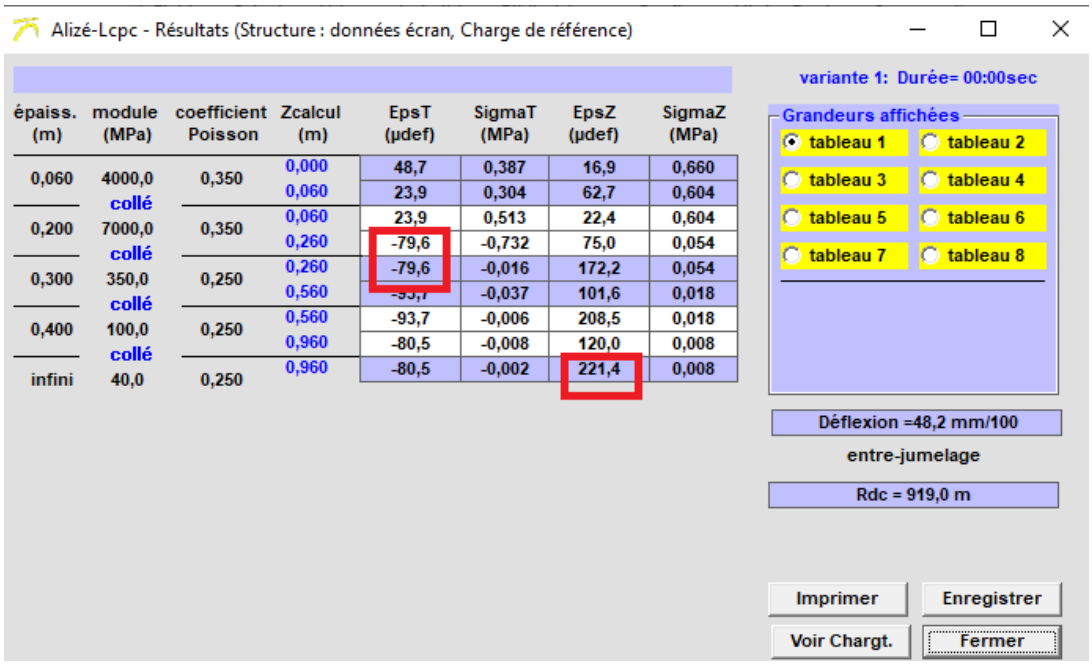
  $Kr = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.609} = 0.77$

- Kc = 1.3

  D'ou : $\varepsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 0.755 \times 1.336 \times 0.77 \times 1.3 = 100,9 \times 10^{-6}$

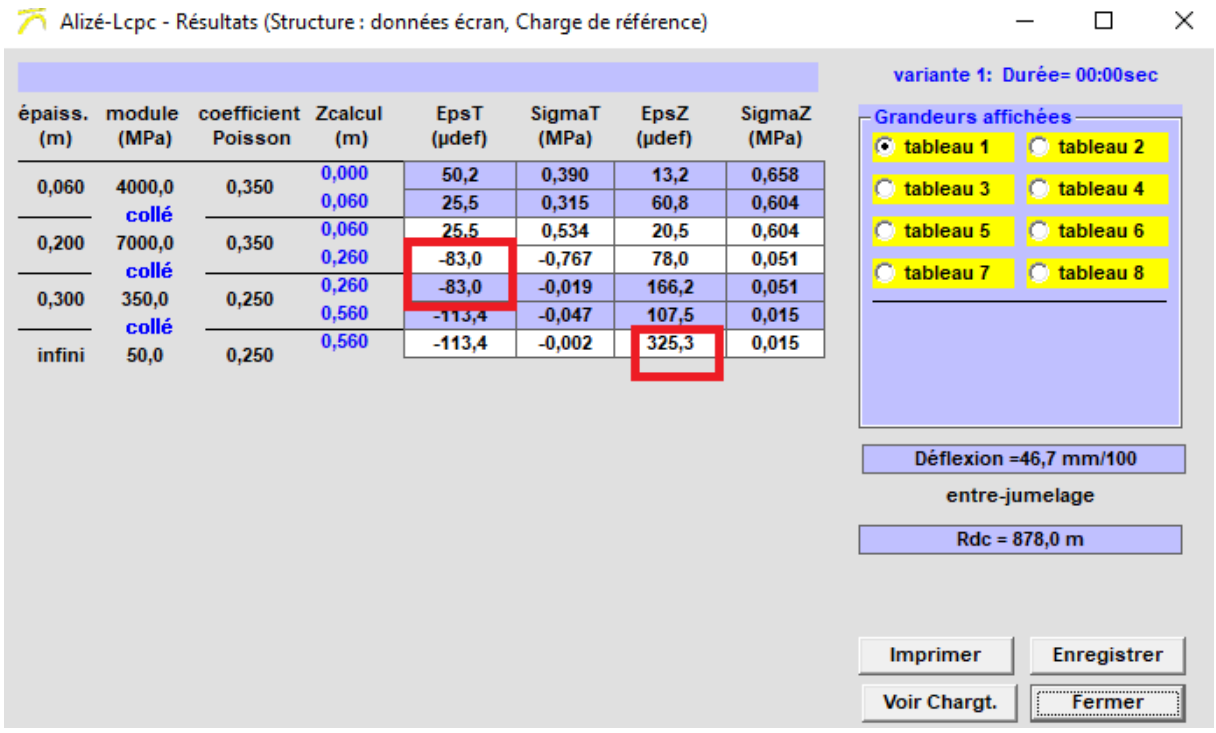
  $$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 100,9 \times 10^{-6}}$$

Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec alizéIII :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	48,7	0,387	16,9	0,660
	collé		0,060	23,9	0,304	62,7	0,604
0,200	7000,0	0,350	0,060	23,9	0,513	22,4	0,604
	collé		0,260	-79,6	-0,732	75,0	0,054
0,300	350,0	0,250	0,260	-79,6	-0,016	172,2	0,054
	collé		0,560	[illegible]	-0,037	101,6	0,018
0,400	100,0	0,250	0,560	-93,7	-0,006	208,5	0,018
	collé		0,960	-80,5	-0,008	120,0	0,008
infini	40,0	0,250	0,960	-80,5	-0,002	221,4	0,008

Figure IX.13. Vérifications de la structure 01(avec couche de forme).



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	50,2	0,390	13,2	0,658
	collé		0,060	25,5	0,315	60,8	0,604
0,200	7000,0	0,350	0,060	25,5	0,534	20,5	0,604
	collé		0,260	-83,0	-0,767	78,0	0,051
0,300	350,0	0,250	0,260	-83,0	-0,019	166,2	0,051
	collé		0,560	-113,4	-0,047	107,5	0,015
infini	50,0	0,250	0,560	-113,4	-0,002	325,3	0,015

Figure IX.14. Vérification de la structure 02

Tableau IX.8 Récapitulatif de la structure 01(avec couche de forme).

	Déformations admissibles	**Déformations calculées par alizé**
ε_z sol support	545.5×10^{-6}	221.4×10^{-6}
ε_t à la base de GB	100.9×10^{-6}	79.6×10^{-6}

Tableau IX.9 Récapitulatif de la structure 02

	Déformations admissibles	**Déformations calculées par alizé**
ε_z sol support	545.5×10^{-6}	325.3×10^{-6}
ε_t à la base de GB	100.9×10^{-6}	83.0×10^{-6}

On a : $\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad}$ et $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$ pour les deux structures (avec ou sans couche de forme), donc elles sont vérifiées.

IX.5 Conclusion

Le dimensionnement du corps de chaussée par la méthode de CBR améliorée et la méthode du catalogue algérien des chaussées neuves a donné les résultats suivants :

Couche	**Structure A (méthode CBR)**	**Structure B (méthode du catalogue des chaussées neuves)**
Couche de roulement	6cm de BB	6cm de BB
Couche de base	12cm de GB	20cm de GB
Couche de fondation	15cm de GNT	30cm de GNT
Couche de forme (facultatif)	/	40cm de Tuf

La méthode CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs moins importantes à celles de la méthode du catalogue.

Nous proposons d'appliquer la méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée puisqu'elle s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue donc un meilleur comportement vis à vis l'agressivité des charges, donc on va minimiser les couts d'entretien durant la durée de vie de cette route.

Le corps de chaussée adopté pour notre projet est de 6BB 20GB 30GNT avec une couche de forme de 40cm de tuf là où le sol support avec un indice CBR moins de 10.

Chapitre X :
Carrefours

X. Carrefours

X.1 Introduction

Un carrefour est le lieu où se croisent les routes ou les chemins, tout carrefour est une partie importante d'une route.

L'efficacité, la vitesse, la sécurité, le coût d'exploitation et la capacité en dépendent.

X.2 Données utiles à l'aménagement des carrefours

Parmi les données utiles qu'on doit avoir pour aménager un carrefour :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans la future.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- La surface neutralisée par l'aménagement et la topographie
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.

X.3 Choix de l'aménagement :

Le choix du type d'aménagement dépend de plusieurs critères :

- L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- Objectifs de fonctionnement privilégié pour un type d'usager.
- Objectifs de la capacité choisis.
- Objectifs de sécurité.

X.4 Les différents types de carrefour

Les principaux types de carrefour sont :

X.4.1 Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

X.4.2 Carrefour à trois branches (en Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principal est oblique (s'éloignant de la normale de plus **20°**).

X.4.3 Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

X.4.4 Carrefour giratoire :

C'est un carrefour à trois branches ou plus dans lequel les courants convergent puis divergent sur une chaussée à sens unique entourant un ilot central ; la circulation sur cette chaussée se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour du terre-plein (circulaire ou ovale), les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

a. Avantages du carrefour giratoire :

- Facilite l'insertion d'un grand nombre de branches.
- Diminue les nuisances.
- Assure la sécurité.
- Assure une économie de régulation et d'exploitation.

b. Inconvénients du carrefour giratoire :

- Difficulté de traversée des piétons.
- Empiètement important d'emprise.
- Entretien des ilots (l'ilot central et les ilots séparateurs).

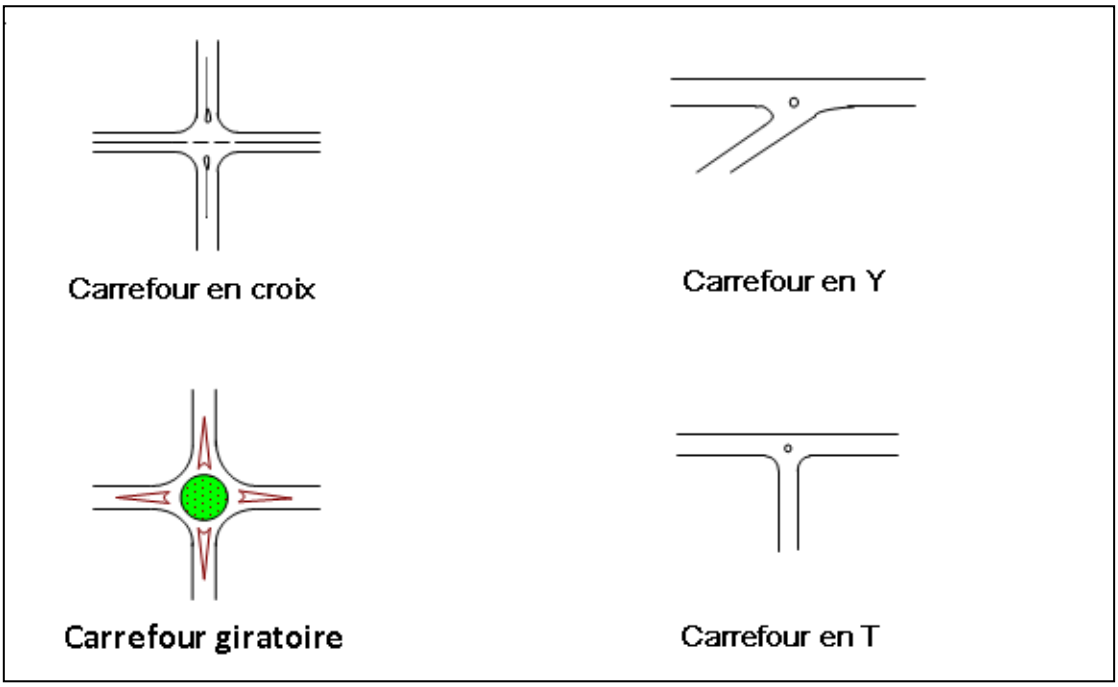


Figure X.1. Différents types de carrefour plan.

Notre tronçon du projet comporte trois carrefours giratoires, on a essayé d'utiliser des caractéristiques semblables à celles des carrefours voisins.

X.5 Recommandations générales applicables aux giratoires

Les critères fondamentaux pour l'aménagement d'un giratoire sont les suivants :

- Perception, lisibilité, visibilité ;
- Optimisation des conditions de sécurité ;
- Modération des vitesses ;
- Prise en compte de tous les usagers ;
- Intégration dans une cohérence d'itinéraire ;
- Maintien d'un niveau de fluidité de circulation.

Plus spécifiquement, il est recommandé de :

- Préférer un aménagement simple, de faible étendue, de forme circulaire ;
- Éviter de surdimensionner les composants de l'aménagement ;
- Introduire une certaine contrainte de trajectoire au niveau de l'entrée et de la traversée du carrefour de façon à éviter des vitesses trop élevées ;
- Tenir compte des données de trafic et vérifier que la capacité de l'aménagement est suffisante ;
- Donner à l'usager une bonne perception d'approche du carrefour ;

- Aménager les îlots séparateurs pour séparer les flux et faciliter la traversée des piétons et des cyclistes ;
- Toujours prendre en compte le type de charroi susceptible d'emprunter le carrefour (par exemple si le carrefour est traversé régulièrement par des bus articulés, …)

Enfin, une analyse de risques par rapport à l'aménagement de l'îlot central sera établie en fonction des spécificités du giratoire et du projet.

X.5.1. Visibilité

Quelles que soient les circonstances (nuit, brouillard, neige, …), un carrefour giratoire doit être perçu et identifié comme tel par tous les usagers qui vont l'aborder.

L'aménagement qui précède le giratoire doit faire comprendre à l'usager qu'il approche d'un giratoire et qu'il y a lieu d'adapter sa conduite.

Pour répondre à cet enjeu, il convient :

- D'installer le signal de préavis schématique communiquant une image claire de l'aménagement ;
- D'utiliser des éléments rétro réfléchissants pour éviter les erreurs de conduite nocturne ;
- D'aménager des îlots séparateurs conformes ;
- De bien signaler le giratoire ;
- D'accorder une attention particulière à l'éclairage ;
- De donner du relief à l'îlot central.

Cet îlot correctement aménagé doit rompre la continuité visuelle de l'axe, particulièrement lorsque la route donne une impression de longue ligne droite.

X.5.1 La lisibilité de l'aménagement

Comme tout carrefour, le giratoire doit être lisible. Ce critère de lisibilité induit une grande simplicité de l'aménagement, pour qu'il soit facilement compris par tous et en particulier par les "non-habitués". La forme, la disposition des branches, le nombre et l'affectation des bandes ne doivent pas conduire à des interprétations différentes.

X.5.2 La bonne visibilité entre usagers

En approche du giratoire, il s'agit d'assurer la visibilité sur le lieu de la perte de priorité ; l'évaluation de cette distance dépend des vitesses pratiquées sur la branche d'accès. Lorsqu'on entre dans le giratoire, la visibilité doit également être assurée :

- A gauche, sur les usagers prioritaires, notamment les cyclistes ;
- A droite, surtout par rapport aux piétons qui vont traverser la branche en sortie ;
- A l'intérieur de l'anneau.

Cette question de la visibilité est en lien direct avec la conception géométrique du giratoire.

X.6 Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires

Un carrefour giratoire comporte les éléments mentionnés dans la figure suivante :

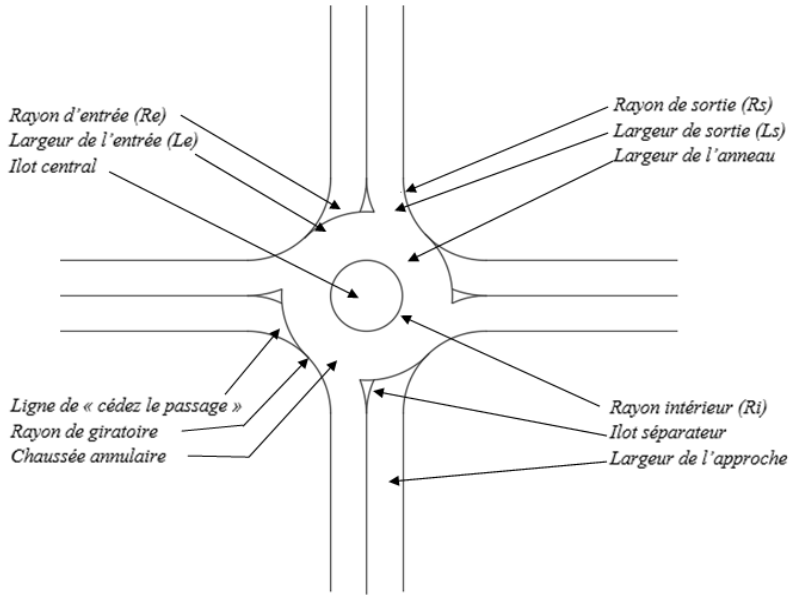


Figure X.2. Terminologie d'un carrefour giratoire.

X.6.1 L'ilot central :

Pour des raisons de sécurité on prend un ilot central circulaire.

Tableau X.1 Valeurs des caractéristiques de l'ilot central.

Eléments	Notation	Paramétrage
Rayon de giratoire	Rg	12≤ Rg≤30m
Largeur de l'anneau	La	6≤La≤9m
Sur-largeur franchissable	Slf	1.5 si Rg≤15m
Rayon intérieur	Ri	Ri-La-Slf
Rayon d'entrée	Re	10≤Re≤15m et ≤Rg
Largeur de la voie entrante	Le	4m
Rayon de sortie	Rs	15≤Rs≤30m et Rs≥Ri
Largeur de la voie sortante	Ls	4≤Ls≤8m
Rayon de raccordement	Rr	Rr=4Rg

X.6.2 Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les voies de circulation.

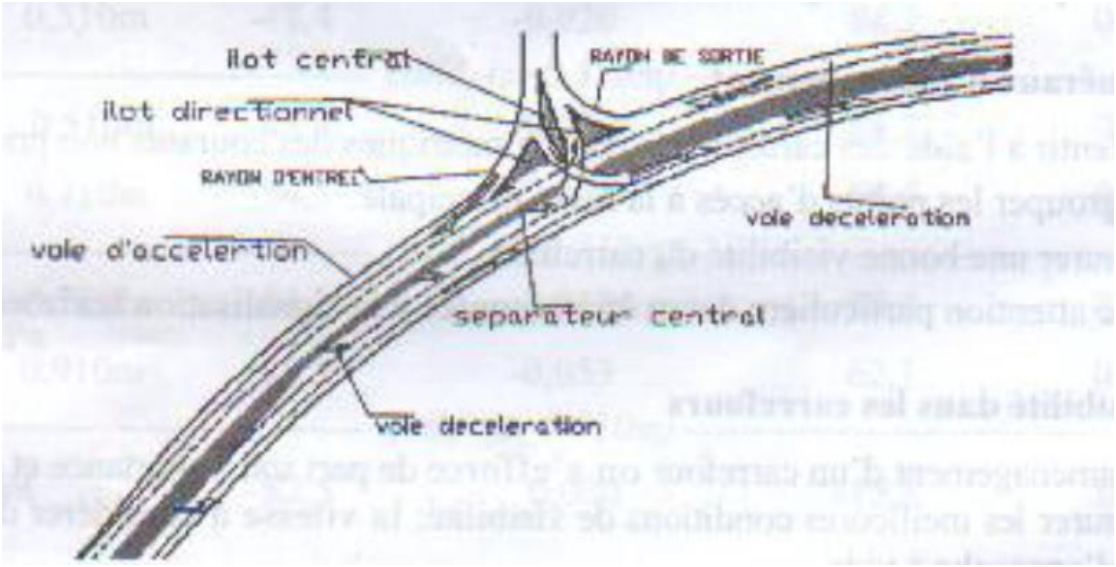


Figure X.3. Carrefour type Y Source b40.

X.6.3 Ilot séparateur :

Les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.

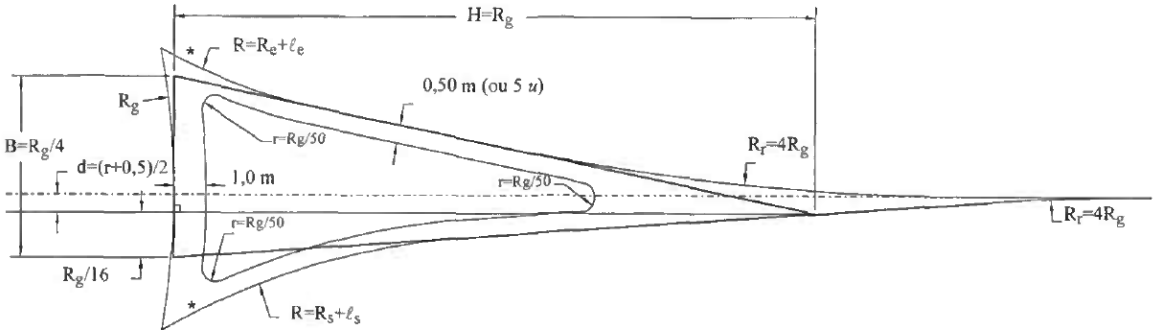


Figure X.4. Carrefour type Y Source b40.

Tableau X.2 Paramètres de l'ilot séparateur

Elément	Notation	Paramétrage
Rayon giratoire	Rg	12≤ Rg≤30m
Hauteur du triangle de construction	H	H= Rg
Base de triangle de construction	B	B=Rg/4
Départ de l'ilot sur l'axe	d	d=(0.5+Rg/50)/2 ou 0
Rayon des raccordements de bordures	r	r=Rg/50

X.6.4 Ilot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m.

X.6.5 Les couloirs d'entrée et de sortie :

A l'approche d'un carrefour, les courants issus d'une direction sont répartis sur des couloirs groupant un certain nombre de voies, de longueur égale à

- 4m Entrée (accotement dérasé 1.5m)
- 5m Sortie (accotement dérasé 0.5m)

X.7 Application au projet

Les caractéristiques géométriques des carrefours du projet sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau X.3 Caractéristiques géométriques des carrefours du projet :

Eléments	Notation	Paramétrage
Rayon de giratoire	Rg	30
Largeur de l'anneau	La	8
Rayon intérieur	Ri	22
Largeur de la voie entrante	Le	7.5
Largeur de la voie sortante	Ls	7.5
Rayon de raccordement	Rr	120

1er carrefour giratoire :

C'est un carrefour giratoire à trois branches qui se trouve au PK 175+200. Il permet aux usagers venant de Mellakou de faire des demi-tours pour aller à la cascade de Sidi Ouaddah et pour les engins de l'entreprise de ETHRB d'accéder à leur lieu de travail ; Il est aménagé avec un ilot central circulaire et des îlots séparateurs (pour la branche secondaire une largeur de voies de 4m a été prise pour permettre aux engins de circuler facilement).

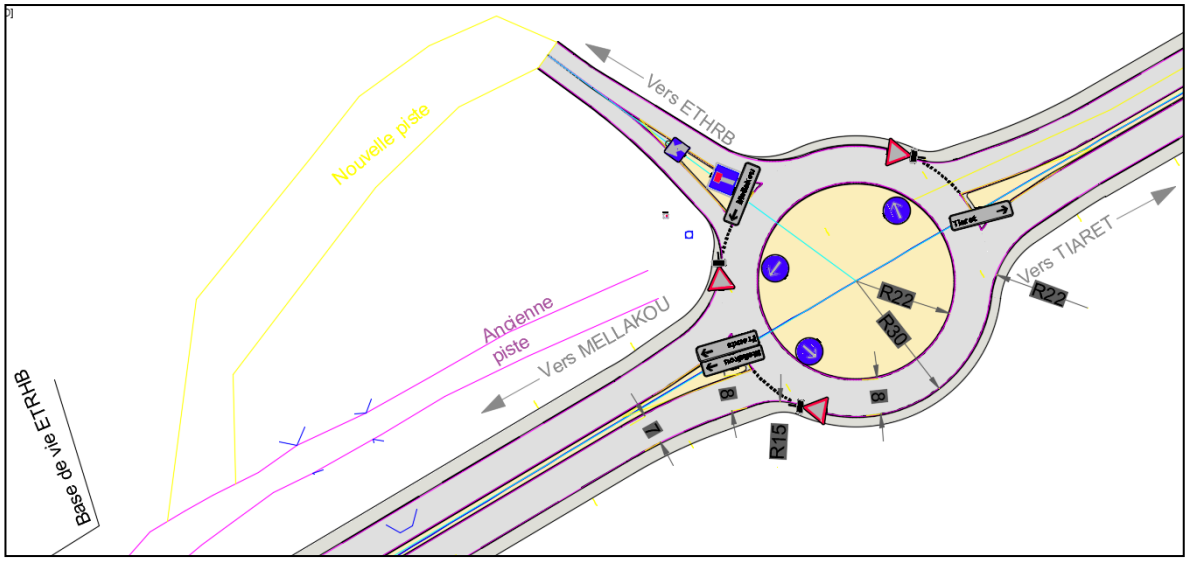


Figure X.5. 1er carrefour au PK 175+200.

2ème carrefour giratoire :

C'est un carrefour giratoire à deux branches qui se au PK 177+800. Il permet aux habitants du douar qui vient de la direction de Tiaret d'accéder à leurs maisons, et aux gens venant de Mellakou de faire le demi-tour (les agriculteurs surtout).

Il a les mêmes caractéristiques géométriques du 1er carrefour giratoire.

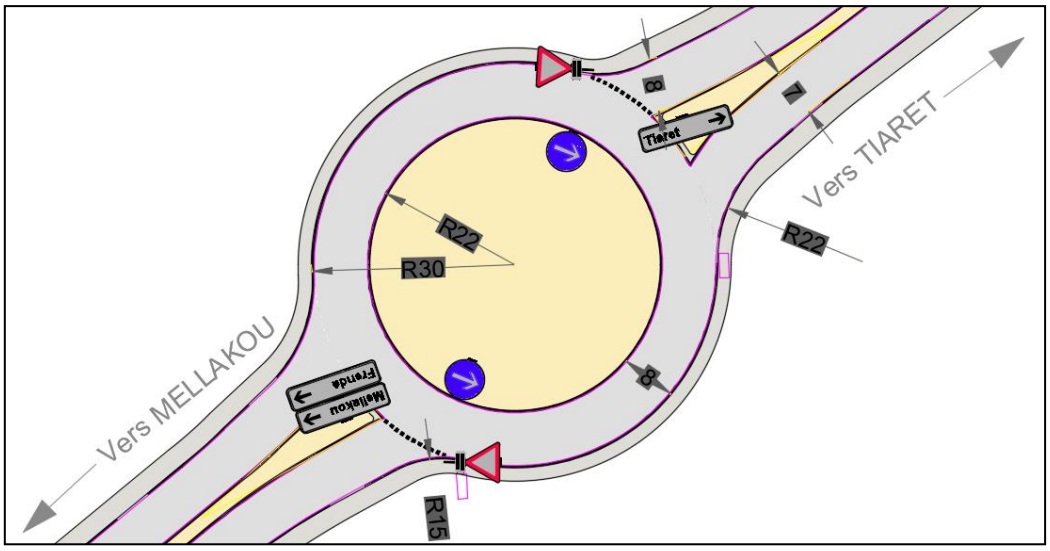


Figure X.6. 2ème carrefour au PK 177+800.

3ème carrefour giratoire :

C'est un carrefour giratoire à trois branches qui se trouve au niveau de l'intersection de la RN14 avec le nouvel évitement de la ville de Mellakou qu'on va créer (au PK 180+750).

Il a les mêmes caractéristiques géométriques du 1er et du ^{2ème} carrefour giratoire sauf pour la branche qui mène vers le village de Mellakou, elle a une largeur de voie à l'entrée et à la sortie de 4m car elle est raccordée à l'ancienne chaussée.

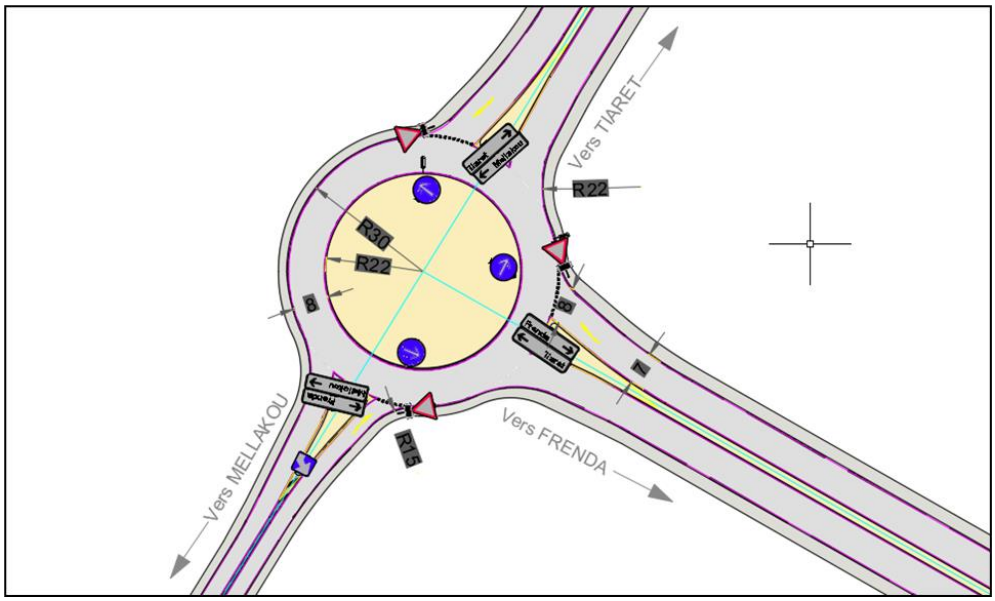


Figure X.7. 3ème carrefour au PK 180+750.

Chapitre XI :
Assainissement

XI. Assainissement

XI.1 Introduction

L'assainissement routier est l'ensemble de moyens mises en œuvre pour la collecte et l'évacuation des eaux superficielles et internes dans l'emprise de la route, ainsi que pour le rétablissement des écoulements superficiels extérieurs à la route ?

XI.2 Objectifs de l'assainissement routier

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales qui s'écoulent sur la chaussée.
- Réduire le coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- L'évacuation des eaux qui s'infiltrent à travers le corps de chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

XI.3 Les ouvrages d'assainissement existants

Les ouvrages rencontrés sont les suivants :

Tableau XI.1 Les ouvrages existants.

Endroit des ouvrages (PK)	Type de l'ouvrage	Observation
PK173+020	Ouvrage busé (Ø=800 mm)	Totalement bouché coté aval
PK 173+220	Ouvrage busé (Ø=800 mm)	Bon état, à nettoyer
PK 174+830	En maçonnerie 0.6m * 1.2m	Usure prononcée, à démolir et remplacer
PK 175+420	En maçonnerie 0.6m * 0.6m	Usure prononcée, à démolir et remplacer
PK 176+500	Dalot 4m * 4m	Bon état à garder
PK 177+000	Ouvrage d'art de 9m de hauteur	Des problèmes au niveau de l'infrastructure
PK 178+250	Dalot en maçonnerie 0.6m * 0.7m	Etat moyen, semi bouché, à démolir et remplacer
PK 178+850	Dalot en maçonnerie 0.6m * 0.7m	Usure prononcée, à démolir et remplacer
PK 179+570	Ouvrage busé (Ø=800 mm)	Usure prononcée, à démolir et remplacer

XI.4 Dimensionnement des ouvrages d'assainissement

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage et vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, on utilise la formule:

$$Qa=Qs$$

Avec :

Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3/s).

Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s).

XI.4.1 Le débit d'apport :

En utilisant la méthode rationnelle, le débit est donné par la formule:

$$Qa=0,278.C.I.A$$

Avec

Qa : débit d'apport en m^3/s.

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps deconcentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (Km^2).

- **Détermination de l'intensité**

Les courbes intensités-durée-fréquence (IDF) sont dérivées sur la base des enregistrements des chroniques de pluies horaires dépouillées aux pas de temps compris entre 1h à 24h à cela ajoutée une autre hauteur de pluie correspondant au maximum journalier précipité entre 8h et 8h le jour suivant, cette valeur permet de comparer les informations du pluviographe à celle d'un pluviomètre.

Sur la base des ajustements statiques à des lois mathématiques usuelles (loi exponentielle pour les courbes IDF, loi de Gumbel pour les pluies journalières maximales que les intensités de pluie à 1h sont déterminées en mm/h) on détermine les coefficients de Montana a et b pour pouvoir calculer l'intensité de pluie.

Les données et les résultats sont donnés par la station Tekhmaret (à Tiaret).

Tableau XI.2 La station de Tekhmaret.

Nom de la station	**TAKHMARET DH1**
Code	013304
X(Lambert)	316.60
T(Lambert)	203.10
Altitude (m)	640
Appareil de mesure	Précis mécanique-Bagues 400cm^2
Nombre d'évenements	89

Pour la détermination de l'intensité on utilise la formule suivante,

$$I\,(t, T) = a\,(t)/\ tc^{b}$$

Avec :

I : intensité de pluie exprimée en mm/h.
T : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)
tc : temps de concentration en heures.
A et b : paramètres de Montana.

- **La période de retour**

La période de retour, ou temps de retour, est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit.

- Les buses sont dimensionnées pour une période de retour de 10 ans.
- Les dalots sont dimensionnés pour une période de retour de 50 ans.
- Les ponts sont dimensionnés pour une période de retour de 100 ans.

- **Le temps de concentration**

Le temps de concentration est un concept utilisé en hydrologie pour mesurer la réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux. Il est défini comme le temps nécessaire à une goutte d'eau de pluie pour parcourir la distance depuis le point le plus éloigné de l'exutoire d'un bassin jusqu'à celui-ci. Il existe plusieurs méthodes pour estimer sa valeur mais les plus utilisées sont les méthodes de Ventura, Giandotti et Passini:

$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}}$ ⟹Si $A < 5\ km^2$, selon (Ventura).

$t_c = 0{,}108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ ⟹ Si 5 km² <A< 25 km² (Giandotti).

$t_c = \frac{4\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8.\sqrt{H}}$ ⟹Si 25 km² < A < 200 km² (Passini).

Avec :

tc : temps de concentration (heures).

A : surface du bassin versant (Km^2).

L : longueur de bassin versant (Km)

P : pente moyenne de bassin versant (m/m)

H : la différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

- **Coefficient de ruissellement 'C'**

Le coefficient de ruissellement est le rapport exprimé en pourcentage, entre la quantité d'eau écoulée (ruisselée) par la quantité d'eau précipitée.

Sa valeur est en fonction des paramètres suivants : la couverture végétale,la forme, la pente et la nature du terrain. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Tableau XI.3 Valeurs du coefficient de ruissellement.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou sol légèrement perméable	0,15 à 0,40	0,40

Nature de la couverture végétale	**Terrains + Sable grossier**			**Terains Argileux ou limoneux**			**Terains Argileux**		
	Moins de 5%	**De 5 à 10%**	**De 10 à 30%**	**Moins de 5%**	**De 5 à 10%**	**De 10 à 30%**	**Moins de 5%**	**De 5 à 10%**	**De 10 à 30%**
Bois	0,10	0,25	0,30	0,30	0,35	0,50	0,40	0,50	0,60
Pâturages	0,10	0,15	0,22	0,30	0,36	0,42	0,40	0,55	0,60
Culture	0,30	0,40	0,52	0,50	0,60	0,72	0,60	0,70	0,82
Zone Urbaines	0,40	0,50		0,55	0,65		0,65	0,80	

XI.4.2 Le débit de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q_s = S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

Kst : coefficient de Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.
S : section mouillée.
R : rayon hydraulique (m).
J : la pente moyenne de l'ouvrage.

Tableau XI.4 valeurs des coefficients de Strickler.

Ouvrage d'assainissement	**En terre**	**Buses métallique**	**maçonnerie**	**Dalot (béton)**	**Béton (buses préfabriquées)**
K_{st}	30	40	50	70	80

XI.5 Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet :

XI.5.1 Caractéristiques des bassins versants

Les caractéristiques des bassins versants sont obtenues à l'aide du logiciel GLOBAL MAPPER et sont données dans le tableau suivant :

Tableau XI.5 Caractéristiques des bassins versants.

BV	S Km^2)	P (Km)	Z max (m)	Z min (m)	Pente moyenne du BV (%)	Longueur du cours d'eau (km)
BV1	0.99	5.22	1053	972	2.9	0.37
BV2	0.40	2.68	1001	923	5.43	0.12
BV3	2.48	8.1	1053	904	4.43	1.95
BV4	3.00	10.62	1053	879	4.46	3.07
BV Oued Mina	550	173.73	1272	878	5.94	38.9
BV5	0.99	4.65	988	904	2.73	0.62
BV6	0.49	4.03	990	910	4.23	0.11

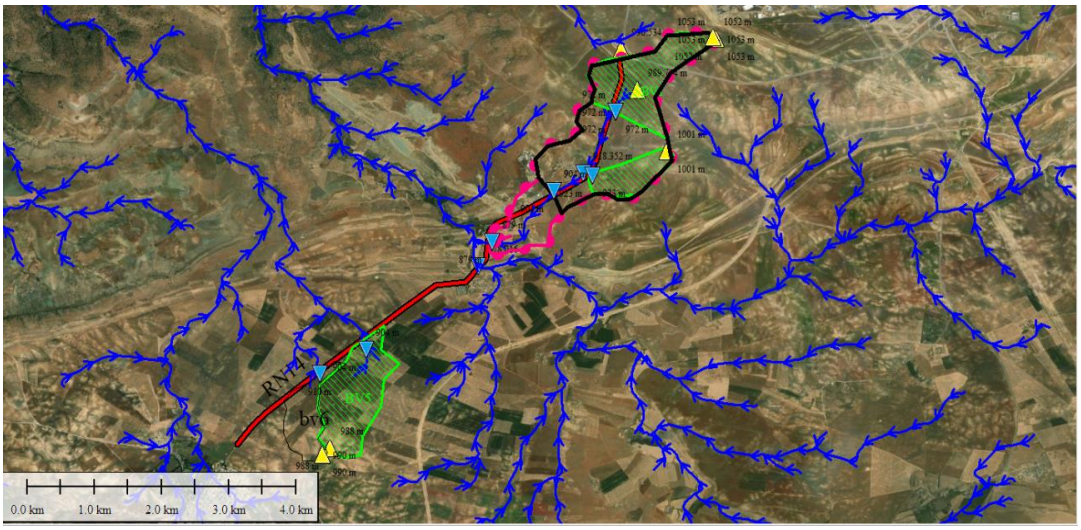


Figure XI.1. Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper.

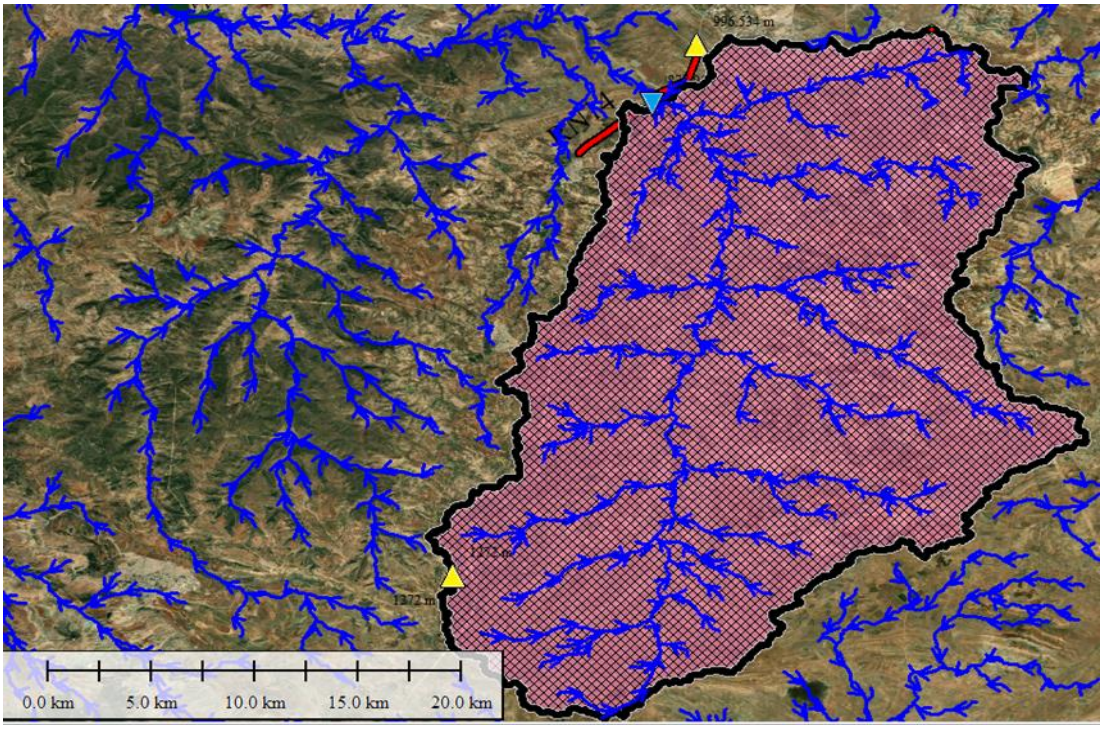


Figure XI.2. Le bassin versant d'OUED MINA.

XI.5.2 Données climatiques

L'analyse des courbes IDF de la pluviométrie de la région a donné comme résultats :
L'indice climatique pour la région de Tiaret b = 0.78.
Le paramètre

- a = 23.9 (pour une période de retour de 10 ans) ;
- a= 32.2 (pour une période de retour de 50 ans);

- a=35.8 (pour une période de retour de 100 ans).

XI.5.3 Calcul du débit d'apport

Par exemple, pour le premier bassin versant BV, on a:

$$A = 0.99 \ Km^2$$

$$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{0.99}{0.029}} \quad \Longrightarrow \quad t_c = 0{,}74\ h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{23.9}{0.74^{0.78}} = 30.22\ mm/h$$

Coefficient de Ruissellement : C = 0.4 (terrain de pâturage avec une pente inferieure 5%).

$$\rightarrow Qa = 0.278 \times 0.4 \times 30.22 \times 0.99 = 3.32\ m3/\ s$$

Tableau XI.6 Résultats de calcul des débits.

BV	PK	Surface du BV (Km^2)	Coefficient de ruissèlement C	Tc (h)	I (mm/h)	Q (m^3/s)
BV1(T=10ans)	173+810	0.99	0.40	0.74	30.22	3.32
BV2(T=10ans)	174+840	0.40	0.55	0.34	55.44	3.39
BV3(T=10ans)	175+390	2.48	0.40	0.95	24.87	6.85
BV4 (T=50ans)	176+430	3.00	0.40	1.04	31.23	10.41
BV Oued Mina(T=100ans)	176+800	550	0.55	13.51	4.69	394.4
BV5(T=10ans)	178+560	0.99	0.40	0.76	29.60	3.25
BV6(T=10ans)	179+380	0.49	0.40	0.43	46.16	2.52

XI.5.4 Dimensionnement des buses

XI.5.4.1 Le débit de saturation

$$Qs = K_{st} \times J^{1/2} \times Sm \times Rh^{2/3}.$$

Pour la pente hydraulique des buses « J », on met : J= 1%, c'est assez pour l'écoulement d'eaudans une section en béton armé.

- Kst: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriquées).
- Sm: surface mouillée tel que : $Sm = 1/2 \times \pi \times R^2$
- Rh : rayon hydraulique tel que : $R_h = S_m / P_m = (\pi D^2/4)/ \pi D = D/4 = R/2$

On a:

$$Q_a = \text{K.C.I.A} \; ; \quad Qs = K_{st} \times J^{1/2} \times Sm \times Rh^{2/3}$$

$$Q_a = Qs \rightarrow R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} \rightarrow R = \left(\frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}\right)^{3/8}$$

Pour le premier basin on a :

$$Qa = 3.32 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow R = \left(\frac{2^{5/3} \times 3.32}{80 \times \pi \times \sqrt{0.01}}\right)^{3/8} = 0.722 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0.722 = 1.444\text{m}$$

Alors on prend une buse de D=1500 mm

XI.5.4.2 Les conditions d'auto-curage :

a) Le débit en plein section :

$$Qps = (K_{st} \times I^{1/2} \times \pi) \; / \; (2.R^2 \times (R/2)^{2/3}) = 80 \times 0.01^{1/2} \times \pi \times 0.75^{8/3} / 2^{5/3} = 3.67 \; m3/s$$

$$Vps = Q_{ps} / S = 3.67 \; / \; 1.77 = 2.07 \; m/s$$

$$Rq = Q/Qps = 3.32/3.67 = 0.90 \times RV = V/Vps = 1.13$$

$$V = 1.13 \times Vps = 1.13 \times 2.07 = 2.34 \text{ m/s} < 4m/s$$

Condition vérifiée

b) $V \geq 0.6$m/s pour Q= 0.1 Qps :

$$Rq = 0.1 \rightarrow Rv = V/Vps = 0.64 \rightarrow V = 0.64 \times 2.07 = 1.32 \text{ m/s} > 0.6\text{m/s}$$

Condition vérifiée.

c) $V \geq 0.3$m/s pour Q = 0.01Qps :

$$Rq = 0.1 \rightarrow Rv = V/Vps = 0.32 \rightarrow V = 0.32 \times 2.07 = 0.66 \text{ m/s} > 0.6\text{m/s}$$

Condition vérifiée

Tableau XI.7 Les ouvrages proposés.

BV	PK	Qa (m^3 /s)	Diamètre calculé (m)	Diamètre standard (m)	Condition D'auto curage
BV1	173+810	3.32	1.444	1.500	Vérifiée
BV2	174+840	3.39	1.455	1.500	Vérifiée
BV3	175+390	6.85	1.895	2.000	Vérifiée
BV5	178+560	3.25	1.432	1.500	Vérifiée
BV6	179+380	2.52	1.302	1.500	Vérifiée

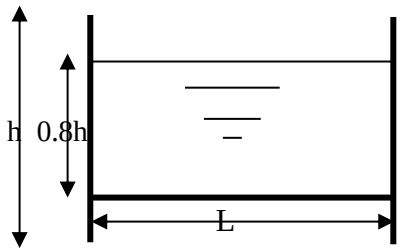
XI.5.5 Dimensionnement des dalots

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton. La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

XI.5.5.1 Prédimensionnement

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et en fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$



On a :

- Périmètre mouillé : $P_m = 2\times0.8\times h+L$
- Section mouillée : $Sm = 0.8\times h\times L$
- Rayon hydraulique : $Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8.h.L}{1.6.h+L}$
- Pente longitudinale de l'ouvrage i

$$Q_s = k_{st} \,.\, S.\, R_h^{\,2/3}.i^{1/2}$$

$$Q_s = K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8.h.L}{1.6.h + L} \right]^{2/3}$$

Dans notre cas $K_{st} = 70$ (béton) et i tirée à partir du levé topographique i=1 .5%.

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de Manning strickler. $Q_s \leq Q_a$

$$Q_s \leq K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8.h.L}{1.6.h + L} \right]^{2/3}$$

Et par un calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

XI.5.5.2 Application au projet :

Ouvrage au PK 176+430:

Le calcul hydrologique du bassin versant numéro 4 on a trouvé un débit de Qa=10.41 m^3/s ; et donc :

$$Q_a \leq K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8.h.L}{1.6.h + L} \right]^{2/3}$$

$$\rightarrow 10.41 \leq 70 \times 0.015^{1/2} \times 0.8 \times h \times 2 \times \left[\frac{0.8.h*2}{1.6.h + 2} \right]^{2/3}$$

Si on pose :$Q_a=Q_s$ et en fixant la largeur L=1.5 m on trouve :**H=1.5m** et donc un dalot de 1.5 x 1.5m ; Cependant, on va prendre un dalot de dimensions 4*4 m à coté du dalot existant (qui est déjà de 4*4m) et qui va nous servir aussi au passage des animaux quand il n'y a pas d'écoulement.

La vérification des conditions d'auto-curage sont joint en annexe 3.

Les solutions d'ouvrages proposées pour le projet :

Tableau XI.8 Les solutions proposées

BV	PK	Ouvrage	Dimensions (mm)
BV1	173+810	Buse	θ=1500
BV2	174+840	Buse	θ=1500
BV3	175+390	Buse	θ=2000

BV4	176+430	Dalot	4m*4m
BV5	178+560	Buse	θ=1500
BV6	179+380	Buse	θ=1500

XI.5.6 Dimensionnement des fossés à projeter sur le projet

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un grand espace et un grand débit du PK $173 + 520$ au PK $174 + 800$ de longueur 1280 m.

On dimensionne que pour le coté talus déblai.

Calcul des surfaces des sous bassins versants

La surface de (la chaussée + BDD) : Ac = 7.8 × 1280 = 9984 $m2$ = 0.009984 Km^2

La surface de l'accotement : Ab = 3.25 × 1280 = 4160 $m2$ = 0.00416Km^2.

La surface du talus : At = 20 × 1280 = 25000 $m2$ = 0.025 Km^2.

Calcul de débit d'apport Qa:

Chaussé P = 2.5 %, Accotement P = 4 %, talus P = 66.67 %.

Pour la chaussée :

$$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{0.009984}{0.025}} \quad \Longrightarrow \quad t_c = 0{,}08\ h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{23.9}{0.08^{0.78}} = 171.39\ mm/h$$

Qa = 0.278 C I A = 0.278 × 0.95 × 171.39 × 0.009984= 0.451 m^3 / s

Pour l'accotement :

$$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{0.00416}{0.04}} \quad \Longrightarrow \quad t_c = 0{,}04\ h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{23.9}{0.04^{0.78}} = 294.30\ mm/h$$

Qa = 0.278 × 0.4 × 294.30 × 0.00416= 0.136 m^3 / s

Pour le talus :

$$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{0.025}{0.1}} \quad \Longrightarrow \quad t_c = 0{,}063\ h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{23.9}{0.063^{0.78}} = 206.50\ mm/h$$

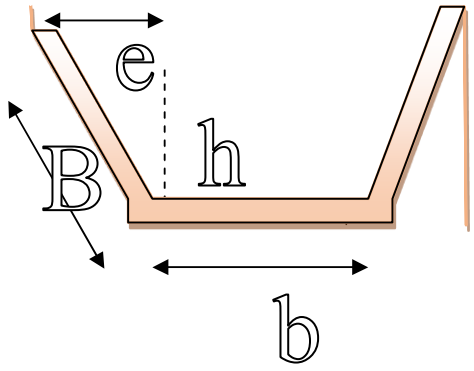
Qa = 0.278 × 0.4 × 206.50 × 0.025= 0.574 m^3 / s

Tableau XI.9 Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus.

Surface	S (Km^2)	C	P %	Tc (h)	I (mm/h)	Qai (m^3 / s)	Qa (m^3 / s)
Chaussée revêtue en enrobé	0.00998 4	0. 95	2.5	0.08	171.39	0.451	1.161
Accotement (sol légèrement perméable)	0.00416	0. 40	4	0.04	294.30	0.136	
Talus	0.025	0. 40	10	0.06 3	206.50	0.57 4	

Calcul du débit de saturation (Qs)

Calcul de la surface mouillée :



$$S_m = b.h + 2.\frac{e.h}{2}$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n.h$$

$$S_m = b.h + n.h^2 = h.(b + n.h)$$

$$S_m = h.(b + n.h)$$

Calcul du périmètre mouille :

Pm= b + 2B

avec : $B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$

$P_m = b + 2.h.\sqrt{1 + n^2}$

Calcul du rayon hydraulique :

$$R_h = {}^{S_m}/_{P_m} = \frac{h.(b+n.h)}{b+2.h.\sqrt{1+n^2}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$$Q_a = Q_s \quad \rightarrow \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$\rightarrow \quad Q_a = K_{ST}.h.(b + n.h).\left[\frac{h.(b+n.h)}{b+2.h.\sqrt{1+n^2}}\right]^{2/3}.J^{1/2}$$

Notre pente est de $J = 2\%$; Kst = 70 (au béton coulé sur place)

On obtient :

$$1.161 = 70.h.(0{,}5 + 1.h).\left[\frac{h.(0{,}5 + 1.h)}{0{,}5 + 2.h.\sqrt{1 + 1^2}}\right]^{2/3}.(0{,}02)^{1/2}$$

Après un calcul itératif, on a trouvé h=0.38 m, on prend h=50 cm, un fossé standard.

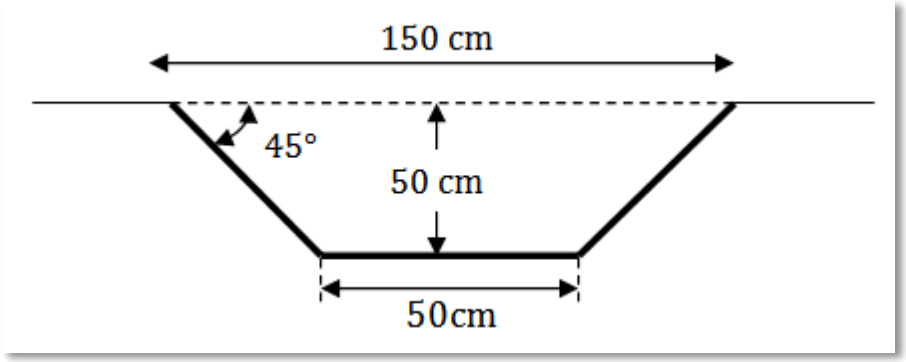


Figure XI.3. Dimensions d'un fossé standard.

Chapitre XII :
Signalisation et Eclairage

XII. Signalisation et Eclairage

XII.1 Signalisation

XII.1.1 Introduction

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route et faciliter la circulation, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatives à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

Elle comprend deux grands ensembles : la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises, les feux de signalisations, les bornes et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol et des plots.

XII.1.2 Objectifs de la signalisation routière

La signalisation routière a pour rôle :

- De faciliter la circulation routière.
- D'informer les usagers (conducteurs et piétons) aux règles à respecter lors de leurs déplacements.
- De donner des indications et des informations lors d'un trajet.
- De limiter les causes d'accident de la route.

XII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation

II faut bien respecter les règles suivantes :

- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière et d'utiliser les signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XII.1.4 Type de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

XII.1.4.1 Signalisation verticale

Les panneaux de signalisation routière sont des éléments de la signalisation routière. Ils désignent à la fois le dispositif sur lequel est implanté un signal routier et le signal proprement dit ; placés sur le côté des routes, ils ont pour fonction :

a) De rendre plus sûre la circulation routière en informant les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer ;
b) De faciliter cette circulation, en indiquant par exemple les directions à suivre ;
c) D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
d) De donner des informations relatives à l'usage de la route.

La Convention de Vienne sur la signalisation routière, adoptée le 8 novembre 1968, reconnaît que l'uniformité internationale des signaux et symboles routiers et des marques routières est nécessaire pour faciliter la circulation routière internationale et pour accroître la sécurité sur la route. Dans son annexe 1, huit catégories de signaux sont définies :

- Signaux d'avertissement de danger ;
- Signaux de priorité ;
- Signaux d'interdiction ou de restriction ;
- Signaux d'obligation ;
- Signaux routiers de prescriptions particulières ;
- Signalisation routière d'information, d'installation ou de service ;
- Signaux de direction, de jalonnement ou d'indication ;
- Panneaux additionnels (placés sous les signaux) ;

Suivant les pays et les régions, les signaux routiers sont diversement classés.

XII.1.4.2 Signalisation horizontale :

La signalisation routière horizontale regroupe, dans le cadre de la signalisation routière, tous les marquages au sol à la peinture, elle est utilisée pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers.

Les marques sur chaussée ont pour fonction de guider l'usager. Elles donnent quatre types d'informations :

- La répartition des espaces de déplacement ;
- Les règles de conduite ;
- Le jalonnement ;
- Le stationnement.

La largeur des lignes des marquages au sol est définie par rapport à une largeur unité ‘U’ qui est en fonction du type de route :

U= 7,5 cm sur les autoroutes, routes à chaussées séparées ou à 4 voies en rase compagne ;

U= 6 cm sur les routes importantes ;

U= 5 cm sur les autres routes ;

Pour ce projet U = 7.5 cm.

La signalisation horizontale se divise en deux types :

a) Marques longitudinales :

- Ligne continue, interdisant le franchissement ou le chevauchement ;
- Ligne discontinue de guidage, délimitant les voies en vue de guider la circulation ;
- Ligne discontinue d'avertissement, annonçant l’approche d’un passage présentant un risque particulier ;
- Lignes mixtes, qui ne peuvent être franchies que si, au début d'une manœuvre de dépassement, la ligne discontinue se trouve la plus proche du véhicule ;
- Lignes continues et discontinues pour voies spécialisées.

Tableau XII.1 Caractéristiques des lignes.

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à troisvoies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion oud'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T2‟	Ligne “ CÉDEZ-LE-PASSAGE ”	50 cm
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T3‟	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans lesbretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d’arrêt d’urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U

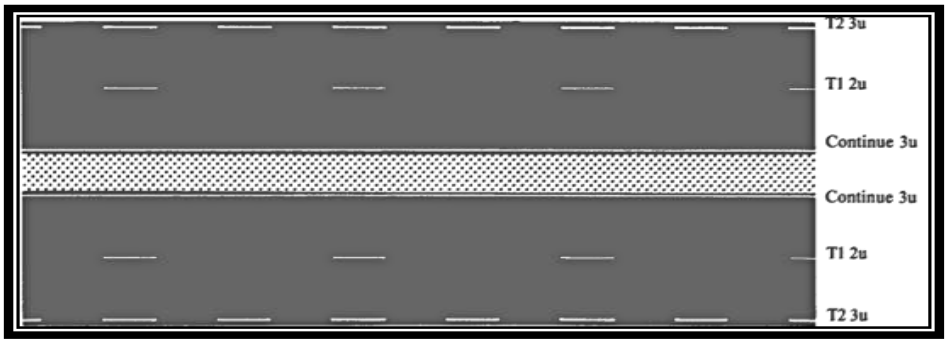


Figure XII.1. Caractéristiques des lignes.

Les modulations des lignes discontinues sont recapitalisées dans le tableau suivant :

Tableau XII.2 Modulation des lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Largeur de trait (en cm)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapports pleins vides
Axial longitudinal	T_1	3	10	1/3
	T'_1	1,5	5	1/3
	T_3	3	1,33	3
rive	T_2	3	3,5	1
	T'_3	20	6	3
	T_4	39	13	3
Transversal	T'_2	0,5	0,5	1

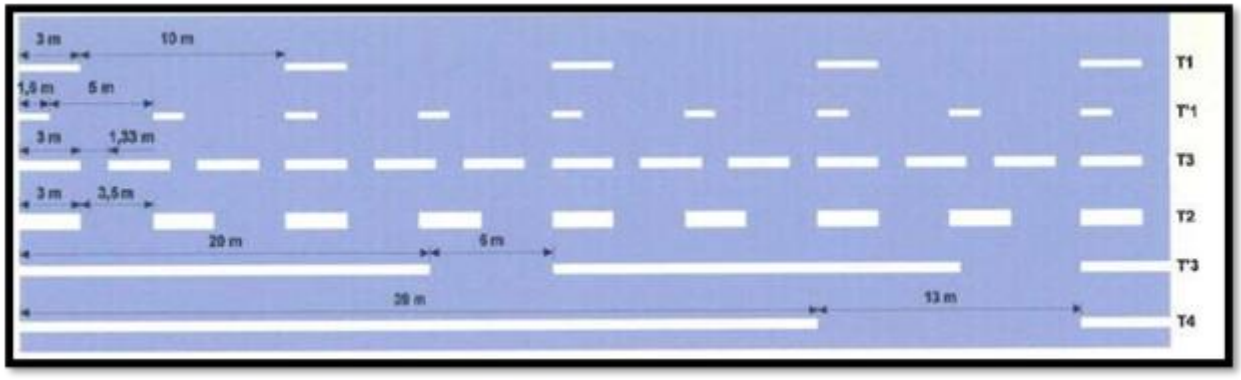


Figure XII.2. Modulation des lignes discontinues.

b) Marques transversales :

- Ligne continue d'arrêt ;
- Ligne discontinue de « Cédez le passage » ;
- Ligne discontinue d'effet des feux de circulation.

Les autres marques

Il s'agit là de tous les marquages spéciaux qui donnent une information, une prescription ou spécifiques à certains carrefours. On distingue :

- Les flèches de pré-signalisation ;
- Les lignes parallèles ou obliques ;
- Les lignes zigzag ;
- Les marquages spécifiques.

XII.1.5 Application au projet :

La signalisation utilisée pour notre route est :

XII.1.5.1 Signalisation horizontale :

- Une bande de guidage en ligne continue de largeur de 22.5cm du coté TPC.
- Marquage des séparations des voies avec une ligne discontinue type T1 de 15cm de largeur.
- Bande de guidage de type T2 de 22.5cm de largeur du côté accotement.
- Marquage au sol pour les arrêts de bus.

XII.1.5.2 Signalisation verticale :

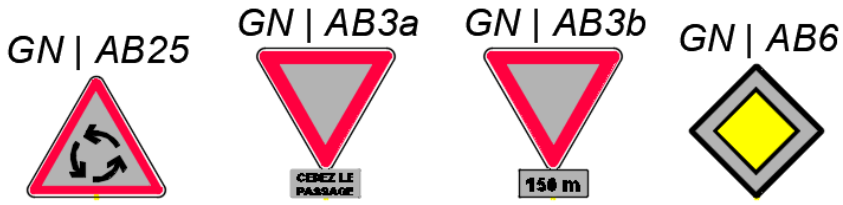
- Signalisation d'interdiction ou de restriction (type B) ;
- Signalisation de priorité (type AB) ;
- Signaux d'avertissement de danger (type A) ;
- Panneau de signalisation.

Signalisation verticale :

Signaux d'avertissement de danger :



Signaux de priorité :



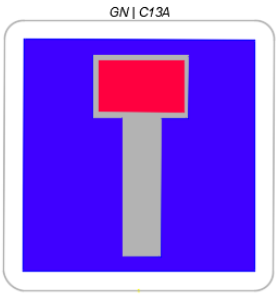
Signaux d'interdiction et d'obligation :



Signaux de directions :



Signal pour indiquer une impasse :



Signal de rappel pour la sécurité :



XII.2 Eclairage

XII.2.1 Introduction

L'éclairage public est l'ensemble des moyens d'éclairage mise en œuvre dans les espaces publics, à l'intérieur et à l'extérieur des villes, très généralement en bordures des voiries et places, nécessaires à la sécurité ou au confort des êtres humains.

Pour les routes, on distingue quatre catégories :

- Catégorie A : éclairage général d'une route ou une autoroute.
- Catégorie B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- Catégorie C : éclairage des voies de cercle.
- Catégorie D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé.

XII.3.2. Paramètres de l'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

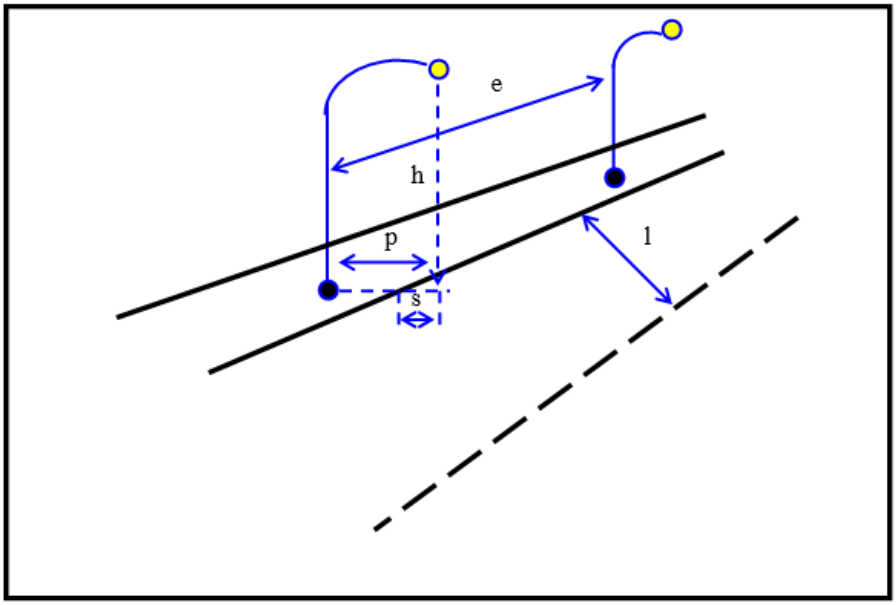


Figure XII.3. Paramètres de l'implantation des luminaires

XII.2.2 Application au projet

Nous avons choisi d'utiliser des luminaires de type LED 180w.

- **Eclairage de la voie (le long de la RN14)**

Les lampadaires sont implantés au centre du TPC avec un espacement de 30m avec deux foyers chacun éclaire une voie.

- **Eclairage des carrefours**

Pour les carrefours, on place les lampadaires de part et d'autre de la chaussée avec un espacement de 15m pour assurer une bonne visibilité du carrefour.

Chapitre VIII :
Ouvrage d’art

XIII. Ouvrage d'art

XIII.1 Introduction :

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou un site très accidenté, il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute, voies ferrées pour le rétablissement des voies des communications.

Dans le cas général, un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles).

XIII.2 Présentation et description de l'ouvrage existant :

Il s'agit d'un ancien qui permet de franchir l'Oued Mina PK 176+400).

Le pont est en béton armé, il est droit, constitué de 3 travées isostatiques de 20 m, d'où une portée de 60 m avec un gabarit de 9 m.

Le pont a une largeur roulable de 6m (2x1 voie, 3m de chacune) avec deux trottoirs de 1,5 m de largeur pour chacun d'où une largeur totale de 9m (entre les gardes corps).

Tablier : Le tablier est constitué de 4 poutres en béton armé, surmontées d'une dalle en béton armé.

Culée : Les deux culées sont faites à la maçonnerie.

Type de fondation : Le pont repose sur des semelles filantes.



Figure XIII.1. L'ouvrage sur Oued Mina.

L'état du pont : cet ouvrage a des problèmes de fissuration au niveau de quelques poutres, il a subi au passé des travaux de réparation et d'extension, il connait maintenant des problèmes au niveau de ses fondations, la DTP de la wilaya de Tiaret ont même essayé de le démolir mais sans succès.

Vu que la largeur roulable de ce pont n'est pas suffisante pour notre route et que le pont est dans un mauvais état, on a décidé de l'abandonner et de construire un nouveau pont.

Pour éviter des grands terrassements et des grands remblais (qui doivent être bien stabilisés) et vu que le virage qui après cet ouvrage est inférieure au rayon horizontal minimal on a choisi de changer de couloir dans ce tronçon (aucun problème d'occupation de sol n'est posé).

XIII.3 Description de l'ouvrage à réaliser :

L'ouvrage à réaliser est un pont jumelé de 87 m de longueur, il est inscrit dans une courbure de rayon 375m avec une pente longitudinale de 0.97%.

Tableau XIII.1 Caractéristique de pont à réaliser.

Gabarit	portée	Tablier	Largeur
5.25 m minimum après le calcul du flux d'Oued	87 m	La pente longitudinale est de 0.97 % La pente transversale (devers) est de 6.11%	Lr= 3.5 x 2 = 7m plus les bandes de guidage de 0.3m de part et d'autre de la chaussée ; Un trottoir de 1.4 m + 0.5 m pour lesgardes corps des deux côtés donc 10m de largeur entregarde-corps

XIII.3.1 Choix du type de l'ouvrage :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage.

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- La portée de l'ouvrage.
- Le profil en long de la chaussée.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.
- Le gabarit à respecter.

XIII.3.2 Solutions proposées :

Pour trouver la solution la plus optimale, une étude multicritère des variantes doit être faite, parmi les variantes qu'on peut opter pour un pont courbe :

XIII.3.2.1 Pont à poutre en béton précontraint :

Le tablier est constitué par un nombre des poutres préfabriquées surmontées d'une dalle en béton armé, le principe consiste à reprendre le poids propre de la poutre par l'armature de précontrainte.

Ce type de ponts est utilisé pour les franchissements des portées intermédiaires de longueur de 25m. Leurs portées les plus économiques se situent entre 30 et 35m.

Les avantages

- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage,
- La fabrication des poutres est indépendante du reste du chantier.
- Le coffrage des poutres est standard, l'utilisation se fait généralement plusieurs de fois.
- S'adapte bien pour les ponts courbes.
- Ce type de pont est facile à entretenir.

Les inconvénients

- La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28jours.
- La main d'ouvre doit être qualifier.
- L'obligation d'attendre que la mise en tension soit faite pour pouvoir couler ou décoffrer.

XIII.3.2.2 Pont caisson

C'est un type d'ouvrage dont la rigidité à la torsion est assurée par un tablier constitué d'un ou plusieurs caissons creux. Le raidisseur en caisson est une structure en béton précontraint, en acier, ou une structure composite d'acier et de béton armé. Sa section droite est rectangulaire ou trapézoïdale.

Les avantages

- Comparés à la poutre en I, les caissons offrent à section égale une meilleure résistance à la torsion, ce qui en fait une structure de choix pour les ponts courbes.
- On peut construire des caissons de taille importante, puisqu'un caisson bicellulaire permet d'utiliser des hourdis plus épais, donc plus résistants, possibilité qui donne par là-même accès à des portées plus importantes.

Les inconvénients

- Plus couteux à la fabrication.
- Leur maintenance est délicate.
- Le pont peut s'allonger ou se rétrécir selon la saison.

XIII.3.2.3 Pont mixte.

Un pont mixte multi poutres est un pont dont le tablier est formé de raidisseurs en acier en partie inférieure et d'une dalle en béton armé ou précontrainte en partie supérieure. On retrouve dans cette catégorie les ponts mixtes bipoutres et quadri poutres, très répandus pour leurs facilités de mise en œuvre, leurs tonnages d'acier faibles et donc d'un coût moindre

Les avantages

- Optimisation des matériaux : le béton travaille en compression et l'acier en traction.
- Rapidité d'exécution.
- Facilité de coulage de la dalle avec un bac en acier collaborant.
- Légèreté structurelle.

Les inconvénients

- Comportement inverse sur appui.
- Moins économique à cause du prix élevé de l'acier.
- Comportement au feu (sensibilité des profilés aciers aux élévations de température importantes).

XIII.4 Conclusion

Après avoir examiné les types d'ouvrages possibles pour notre projet, nous recommandons de choisir la variante à poutre en béton précontraint puisqu'elle est plus économique et elle est facile à construire et à entretenir.

Chapitre XIV :

Impact sur l’environnement

XIV. Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction

L'impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement pris dans le sens large du terme (c'est-à-dire englobant les aspects biophysiques et humains), en comparaison de la situation probable advenant la non-réalisation du projet (Wathern, 1988). La réalisation du projet va donc entrainer une modification et une perturbation du système par rapport à l'état initial.

Cette étude permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

Les routes ont des impacts amplifiés sur l'environnement par la circulation des véhicules qui les empruntent : la construction et l'entretien des routes absorbent presque la moitié de la production nationale des granulats et presque un tiers des déchets routiers est mise en décharge, la circulation et les travaux routiers contribuent aux émissions nationales des CO2 ce qui provoque une fragmentation des écosystèmes.

Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, cette étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet.
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

XIV.2 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement

L'étude d'impact sur l'environnement permet d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et d'essayer de proposer des compensations et remèdes pour limiter au maximum les effets négatifs de ce projet, cette étude vise à :

- Identifier et évaluer l'importance des impacts du projet sur le milieu physique, biologique, humain et sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures qui visent à réduire les impacts négatifs du projet.
- Préserver les conditions de vie des générations futures.
- Préserver les espèces végétales et animales.

XIV.3 Impact du projet sur l'environnement

On a deux types d'impacts sur l'environnement : des impacts positifs et des impacts négatifs.

XIV.3.1 Impacts positifs :

On peut les classer en deux catégories :

XIV.3.1.1 Impacts positifs directes :

- L'amélioration de la sécurité routière : le dédoublement de la RN14 entre Tiaret et Frenda va présenter des meilleures caractéristiques géométriques qui impliquent surement l'amélioration de la sécurité routière, le taux de mortalité diminue beaucoup dans les autoroutes et dans les routes à 2 voies.
- L'amélioration des conditions de circulation.

XIV.3.1.2 Impacts positives indirectes :

- Sur les activités socio-économiques et le développement régional par la création de nouveaux emplois : l'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet au profit de la main d'ouvre locale) et permanents (pour les besoins d'entretien).
- Le développement du tourisme dans la région

XIV.3.2 Impacts négatifs

Les principaux impacts négatifs potentiels du projet concernent :

- L'expropriation des propriétés bâties et les terres situées dans l'emprise du projet (une construction au PK 173+400) et le déplacement des populations.
- Les risques de pollution des oueds (l'Oued Mina au PK 176+400 connait malheureusement la pollution chimique) et des points d'eau situés à proximité du projet (la source d'eau de Ain Mcharaf).
- Les coupures temporaires des réseaux (routes, eau, électricité,).
- Une consommation excessive des granulats.
- Les impacts négatifs sur l'agriculture, tout le projet traverse une zone agricole (sauf lorsqu'on traverse le Douar au PK 177+000).

De façon plus détaillée, on distingue les impacts en phase de construction et ceux intervenant en phase d'exploitation.

XIV.3.2.1 Impacts pendant la phase de travaux

Milieu physique :

Pendant la phase de construction les impacts négatifs sur le milieu naturel sont en premier lieu les impacts classiques d'un chantier de construction de route dont :

- Les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air.
- Les nuisances acoustiques liées à la circulation des engins de chantier.
- Les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés.
- Le risque de perte du couvert végétal et de dégradation de sols suite à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers.

Milieu biologique :

- Perturbations liées à l'introduction d'une barrière terrestre.
- Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces.
- Risque d'incendie.

Milieu humain :

- Pendant la phase des travaux plusieurs arbres seront à abattre, une construction privée sera touchée et un certain nombre de personnes seront à déplacer.
- Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole (à rappeler que tout le projet traverse une zone agricole).
- Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux.
- Les bruits, les vibrations et les émissions constituent des impacts qui pourraient avoir une influence sur la santé des habitants proches de la route et des ouvriers.
- La circulation des camions et des engins de chantier pourra également causer des accidents.
- Impact visuel des chantiers et des bases de vie.

XIV.3.2.2 Pendant la phase d'exploitation :

Milieu physique :

- Erosion et décapage des sols le long de l'emprise du tracé.
- Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée) ou de pollution accidentelle (due aux accidents).
- Recalibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants, augmentation des risques d'inondation.

Milieu biologique :

- Nuisances liées à la circulation des véhicules.
- Dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces.
- Risque d'incendie.

Milieu humain :

- Nuisances pour les gens qui habitent près de la route (bruit, gêne respiratoire).
- Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains ont été morcelés ou réduits par le passage de la route.
- Allongement des trajets des agriculteurs, prélèvements de surfaces de parcours sur de longues distances sur tout le linéaire du projet.
- Risque d'accidents et de contamination des forages, puits ou adductions d'eaux potables situées à proximité de la route (la source d'eau d'Ain Mcharaf).
- Impact visuel.

XIV.4 Mesures prises pour minimiser les impacts :

Il est important de définir les mesures qui peuvent être prises pour prévenir ou limiter les effets négatifs du projet sur l'environnement.

XIV.4.1 Mesures en phase travaux

Les impacts négatifs sur l'environnement susmentionnés pendant la phase des travaux peuvent être anéantis ou/et réduits par l'observation et la mise en œuvre d'un certain nombre de mesures ; à savoir à titre indicatif :

- Le choix judicieux de l'emplacement des zones d'installation de chantier et des routes d'accès qui doit porter sur des zones le plus loin possible des secteurs sensibles et d'habitations (Il faut s'éloigner du Douar au PK177).
- Le stockage des produits dangereux doit faire l'objet de dispositifs strictes et particulièrement spécifiques dans le but de limiter au maximum possible les risques pour l'environnement.
- Des aires spécifiques doivent être réservés et aménagées pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des engins utilisés et ce pour limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux.
- L'utilisation d'engins aux normes en matière de bruit ; le réglage des moteurs des engins sera surveillé afin de limiter la production de fumées, gaz ou odeurs désagréables etc.
- L'évacuation régulière vers un site de traitement ; la récupération et l'évacuation régulière des déchets du chantier.
- L'indemnisation des propriétaires fonciers, de bâtiments détruits au titre des expropriations pour cause d'utilité publique.
- Le reboisement dans le cadre d'un plan des aménagements paysagers pour compenser le déboisement qui doit être strictement et uniquement limité aux emprises nécessaires au projet en particulier aux niveaux des carrefour et les zones en remblais et en déblais.
- L'utilisation des carrières abandonnées pour le dépôt des matériaux excédentaires et les carrières existantes plutôt que des nouveaux sites.

- La mise en place d'une signalisation claire des chantiers et pistes d'accès. Plusieurs passages très sensibles (hauts risques d'accidents) méritent une signalisation appropriée, c'est le cas notamment du passage à côté de la base de vie de l'entreprise de ETRHB Haddad.
- L'optimisation autant que possible des dérangements des autres services (approvisionnement en eau et électricité) grâce à une bonne coordination entre les acteurs concernés et à une bonne campagne de communication afin d'en informer le public touché/concerné.

Mesures en phase exploitation

Les principales mesures de compensation et d'atténuation en phase d'exploitation portent sur les points suivants :

- Suivi de la remise en état des principales zones de dépôt des chantiers et des bases de vie.
- Retenue de véhicules dans l'emprise routière pour éviter tout déversement en dehors de celle-ci.
- Etanchéification des accotements et des réseaux d'assainissement pour éviter toute infiltration de substance polluante.
- Entretien des plantations (terre-plein central, talus, etc.)
- Minimiser les risques de pollution chronique des oueds (malgré que l'Oued Mina est déjà pollué) et par la pollution accidentelle (déversement de produits dangereux sur la chaussée) par la limitation et le contrôle de vitesses des poids lourds.
- Elaborer et mettre en œuvre un programme de suivi de la qualité d'air et des niveaux de bruit sur des tronçons sensibles, en particulier au Douar au PK 177+000.
- Procéder au contrôle régulier des clôtures de bordures de route afin d'interdire l'accès à tout bétail itinérant (moutons, chèvres, …) ou bêtes sauvages qui vivent à proximité (les cochons, les loups…) et disposer des lieux de passage dans quelques tronçons.
- Signaler les sites remarquables, il y'a lieu de signaler la cascade de Sidi Ouadah. (PK176+200), la base de vie de l'entreprise de ETRHB Hadad (PK 175+300) pour éviter les accidents.

XIV.5 Conclusion

La réalisation de n'importe quel projet routier engendre des effets préjudiciables sur le milieu naturel pendant la phase de construction et durant son exploitation mais ces effets sont minimes par rapport aux avantages que cette route va offrir.

Le but de notre étude est de minimiser l'impact négatif sur l'environnement de la région, en assurant un contrôle continu sur cet impact durant les futures années ou le trafic automobile sera plus important et donc la pollution sera plus sévère et dangereuse.

Chapitre XV :

Devis quantitatif et estimatif

XV. Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier				
1.1	Installation du chantier	Forfait	1	3% (3+4+5)	21 339 378.00
	Total (1) :				**21 339 378.00**
2	Acquisition de terrain				
2.1	Acquisition de terrain	m2	61200	1000,00	61 200 000
	Total (2) :				**61 200 000**
3	Travaux préparatoire				
3.1	Déplacement des poteaux électriques de moyenne tension (MT).	U	3	200 000.00	600 000.00
3.2	Abattage d'arbres	U	29	4000,00	116 000.00
	Total (3) :				**716 000.00**
4	Terrassement				
4.1	Décapage de la terre végétale e=30cm.	m3	28 512	400,00	11 404 800.00
4.2	Remblai en provenance y compris transport	m3	21 470	600,00	12 882 000.00
4.3	Déblai mise en dépôt	m3	244 160	300.00	73 248 000.00
	Total (4) :				**97 533 800.00**
5	Chaussée				
5.1	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du (GNT 0.315) pour la couche de fondation	m3	37708,7	3000.00	113 126 100.00
5.2	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GB(2.2t/m3) pour la couche de base	T	51 326	7100.00	363 414 600.00
5.3	Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800g/m2	T	92.4	8000.00	739 200.00
5.4	Couche d'accrochage dosée 200 a 300g/m2	T	15.4	6000.00	92 400.00

5.5	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre pour la couche de roulement en BB (2.3t/m3)	T	15 623,9	7000.00	109 367 300.00
5.6	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du matériau pour les accotements en (tuf)	m3	21 936	1200.00	26 323 200.00
	Total (5) :				**613 062 800.00**
6	Assainissement				
6.1	Fossés trapézoïdaux en béton	ml	7800	7000.00	54 600 000.00
6.2	Buse Φ 1500 y compris Tête de buse	ml	96	36 000.00	3 456 000.00
	Buse Φ 2000 y compris Tête de buse		24	42 000.00	1 008 000.00
6.3	Dalots en béton armé	m3	67.2	65000.00	4 368 000.00
	Total (6) :				**63 432 000.00**
7	Ouvrage d'art				
7.1	pont	m2	1740	400 000.00	696 000 000.00
	Total (7) :				**696 000 000.00**
8	Signalisation				
8.1	Signalisation horizontale.	ml	25 600	150.00	3 834 000.00
8.2	Panneaux de signalisation verticale.	U	120	20000.00	2 400 000.00
	Total (8) :				**6 234 000.00**
9	Equipement				
9.1	Séparation en béton double (DBA)	ml	14 880	6500.00	96 720 000.00
9.2	L'éclairage public	ml	7540	4200	31 668 000.00
	Totale(9)				**128 388 000.00**
10	Impact sur l'environnement (1% de 3+4+5)				**7 113 126.00**
11	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)				
11.1	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait		3%(3+4+5)	**21 339.378.00**
	Totale				**1 716 358 482**
	TVA (19%)				**326 108 112.00**
	Totale général (TTC)				**2 042 466 593.58**

	Désignation	Montant (DA)
1	installation de chantier	21 339 378.00
2	Acquisition du terrain	61 200 000
3	Travaux préparatoires	716 000.00
4	Terrassements	97 533 800.00
5	chaussée	613 062 800.00
6	ouvrage d'art	696 000 000.00
7	ouvrages d'art courants et assainissement	63 432 000.00
8	impact sur l'environnement	7 113 126.00
9	Eclairage, signalisation et équipement routiers	134 622 000.00
10	contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	21 339.378.00
11	TVA (19%)	326 108 112.00
	Prix total en TTC (toutes taxes comprises)	**2 042 466 593.58**

On a estimé que le projet va couter à peu près : deux milliards quarante-deux millions quatre cent soixante-six mille cinq cent quatre-vingt-treize dinars algériens avec toutes taxes comprises.

Conclusion générale

Le projet de dédoublement nous a permis de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

Dans notre projet de dédoublement de la **RN14,** on a :

- Bien suivi le tracé de la route existante et récupéré la majorité de la chaussée (cette route présente de bonnes caractéristiques géométriques sauf dans quelques tançons).
- Bien respecté les normes imposées par le B40 pour assurer la sécurité et le confort de l'usager.
- Evité au maximum les contraintes existantes : les arbres, les constructions, les réseaux divers … tenant compte de l'aspect économique du projet.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de bien maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : AUTO-PISTE ,PISTE, AUTOCAD, ALIZE et GLOBAL MAPPER.

Bibliographie

- B40: Normes techniques d'aménagement des routes.1975.

- Manuel de projet de route de Mr GOUMETRE AHMED & Mme KALLI FATIMA

- Catalogue Algerien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics /«CTTP». 2001.

- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.

- Cours Enstp 1ère et 2èmeannée de route de Mr KARA BENCHOHRA

- Cours Enstp 2ème année de géotechnique routière Mm DERRICHE FATIMA ZOHRA

- Cours Enstp 2ème année d'hydraulique de Mr RAHMANI

- Cours Enstp 2ème année de mécanique des sols de Mr BERRICHE

- Thèses de route des années passées.

- Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales – Carrefours plans, SETRA, décembre 1998

- VSS Klothoidentafeln : Table de clothoïde Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute association suisse des professionnels de la route et des transports.

- Etude d'impact sur l'environnement du projet de construction de l'autoroute Fès-Oujda Résumé non technique Novembre 2006.

- LTPO : laboratoire des travaux publics ouest.

- Rapport hydraulique tiré par le bureau d'étude KAOUS.

- Site web : wikipedia.com
- Site Web : ornikar.com/code/cours/signalisation
- Site Web: genie-civil.blogspot.com
- Site Web : securotheque.wallonie.be
- Aménagement des Carrefour interurbains sur les routes principales, carrefours plans SETRA 1998.

Annexe 1 : Axe En Plan

Nom du dessin	RN 14.dwg
Nom de l'axe	RN14 - Axe RN14
Table associée	b40 80km/h
Date du listing	17/06/2022 à 11:59:47

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	196.63gr	143,240	0,000	344509,292	3908999,986
Clothoïde 1	Paramètre	-275,027	122,000	143,240	344516,860	3908856,946
Arc 1	Rayon	-620.000 m	85,988	265,240	344519,308	3908735,023
	Centre X	343899.950 m				
	Centre Y	3908763.239 m				
Clothoïde 2	Paramètre	275,027	122,000	351,228	344509,460	3908649,670
Droite 2	Gisement	217.99gr	123,825	473,228	344479,312	3908531,508
Arc 2	Rayon	1450.000 m	32,758	597,053	344444,783	3908412,595
	Centre X	345837.266 m				
	Centre Y	3908008.254 m				
Droite 3	Gisement	216.55gr	241,792	629,811	344436,004	3908381,036
Arc 3	Rayon	-2400.000 m	18,530	871,603	344373,842	3908147,371
	Centre X	342054.512 m				
	Centre Y	3908764.389 m				
Droite 4	Gisement	217.04gr	345,423	890,133	344369,009	3908129,483
Arc 4	Rayon	1500.000 m	29,285	1235,556	344277,629	3907796,365
	Centre X	345724.189 m				
	Centre Y	3907399.549 m				
Droite 5	Gisement	215.80gr	179,295	1264,842	344270,158	3907768,050
Clothoïde 3	Paramètre	-244,724	113,000	1444,136	344226,111	3907594,249
Arc 5	Rayon	-530.000 m	312,923	1557,136	344194,493	3907485,822
	Centre X	343697.505 m				
	Centre Y	3907669.952 m				
Clothoïde 4	Paramètre	244,724	113,000	1870,059	344007,850	3907240,316
Droite 6	Gisement	266.96gr	153,754	1983,059	343911,829	3907180,851
Arc 6	Rayon	6000.000 m	279,277	2136,813	343778,319	3907104,592
	Centre X	346754.186 m				
	Centre Y	3901894.581 m				
Droite 7	Gisement	264.00gr	177,732	2416,090	343539,123	3906960,484
Arc 7	Rayon	-1420.000 m	223,662	2593,823	343389,061	3906865,247
	Centre X	342628.163 m				
	Centre Y	3908064.178 m				
Droite 8	Gisement	274.03gr	127,811	2817,485	343191,580	3906760,736
Clothoïde 5	Paramètre	165,227	105,000	2945,296	343074,260	3906710,024
Arc 8	Rayon	260.000 m	174,187	3050,296	342981,067	3906662,064
	Centre X	343129.996 m				
	Centre Y	3906448.944 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-165,227	105,000	3224,483	342880,921	3906523,522
Droite 9	Gisement	205.67gr	265,278	3329,483	342864,607	3906419,990
Clothoïde 7	Paramètre	-168,819	95,000	3594,761	342841,028	3906155,761
Arc 9	Rayon	-300.000 m	319,357	3689,761	342827,620	3906061,819
	Centre X	342536.749 m				
	Centre Y	3906135.266 m				
Clothoïde 8	Paramètre	168,819	95,000	4009,118	342613,565	3905845,267
Droite 10	Gisement	293.60gr	128,270	4104,118	342519,784	3905830,770

Clothoïde 9	Paramètre	210,452	103,000	4232,389	342392,163	3905817,887
Arc 10	Rayon	430.000 m	130,146	4335,389	342290,243	3905803,471
	Centre X	342384.237 m				
	Centre Y	3905383.870 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-210,452	103,000	4465,535	342169,447	3905756,382
Droite 11	Gisement	259.08gr	199,889	4568,535	342084,659	3905698,016
Arc 11	Rayon	1430.000 m	97,939	4768,424	341924,664	3905578,194
	Centre X	342781.865 m				
	Centre Y	3904433.595 m				
Droite 12	Gisement	254.72gr	941,771	4866,363	341848,343	3905516,848
Arc 12	Rayon	-4400.000 m	16,643	5808,134	341134,933	3904902,048
	Centre X	338262.559 m				
	Centre Y	3908235.135 m				
Droite 13	Gisement	254.96gr	360,448	5824,776	341122,306	3904891,208
Arc 13	Rayon	6000.000 m	24,106	6185,224	340848,371	3904656,937
	Centre X	344748.026 m				
	Centre Y	3900097.037 m				
Droite 14	Gisement	254.70gr	470,954	6209,330	340830,083	3904641,233
Arc 14	Rayon	-5000.000 m	28,329	6680,284	340473,398	3904333,704
	Centre X	337208.445 m				
	Centre Y	3908120.534 m				
Droite 15	Gisement	255.06gr	394,185	6708,614	340451,890	3904315,266
Clothoïde 11	Paramètre	406,103	133,000	7102,799	340151,894	3904059,563
Arc 15	Rayon	1240.000 m	259,611	7235,799	340052,245	3903971,503
	Centre X	340906.048 m				
	Centre Y	3903072.270 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-406,103	133,000	7495,410	339883,995	3903774,414
Droite 16	Gisement	234.91gr	17,965	7628,410	339812,660	3903662,183
				7646,374	339803,296	3903646,852
Longueur totale de l'axe 7646.374 mètre(s)						

Annexe 2 : Profil En Long Projet

Nom du dessin	RN 14.dwg
Nom de l'axe	RN14 - Axe RN14
Table associée	b40 80km/h
Date du listing	17/06/2022 à 12:00:47

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.77 %	41,989	1,225	992,874
Cercle 1	Rayon	-3500.000 m	55,264	43,213	992,550
	Sommet Absc.	16.264 m			
	Sommet Alt.	992.654 m			
Pente 2	Pente	-2.35 %	71,131	98,478	991,688
Cercle 2	Rayon	5800.000 m	68,384	169,609	990,017
	Sommet Absc.	305.848 m			
	Sommet Alt.	988.417 m			
Pente 3	Pente	-1.17 %	55,954	237,993	988,814
Cercle 3	Rayon	3000.000 m	13,498	293,947	988,159
	Sommet Absc.	329.045 m			
	Sommet Alt.	987.954 m			
Pente 4	Pente	-0.72 %	91,758	307,446	988,031
Cercle 4	Rayon	-3800.000 m	198,342	399,204	987,371
	Sommet Absc.	371.844 m			
	Sommet Alt.	987.469 m			
Pente 5	Pente	-5.95 %	476,113	597,545	980,761
Cercle 5	Rayon	3900.000 m	45,822	1073,658	952,432
	Sommet Absc.	1305.299 m			
	Sommet Alt.	945.547 m			
Pente 6	Pente	-4.77 %	649,330	1119,480	949,976
Cercle 6	Rayon	5500.000 m	115,804	1768,810	919,003
	Sommet Absc.	2030.862 m			
	Sommet Alt.	912.756 m			
Pente 7	Pente	-2.66 %	101,882	1884,614	914,701
Cercle 7	Rayon	-3300.000 m	37,561	1986,496	911,991
	Sommet Absc.	1898.747 m			
	Sommet Alt.	913.158 m			
Pente 8	Pente	-3.80 %	33,134	2024,057	910,778
Cercle 8	Rayon	2800.000 m	59,850	2057,190	909,519
	Sommet Absc.	2163.514 m			
	Sommet Alt.	907.500 m			
Pente 9	Pente	-1.66 %	59,307	2117,040	907,885
Cercle 9	Rayon	-2700.000 m	40,194	2176,347	906,901
	Sommet Absc.	2131.533 m			
	Sommet Alt.	907.273 m			
Pente 10	Pente	-3.15 %	42,760	2216,541	905,934
Cercle 10	Rayon	5200.000 m	130,959	2259,301	904,587
	Sommet Absc.	2423.020 m			
	Sommet Alt.	902.009 m			
Pente 11	Pente	-0.63 %	16,077	2390,260	902,112
Cercle 11	Rayon	11600.000 m	132,238	2406,338	902,011
	Sommet Absc.	2479.416 m			
	Sommet Alt.	901.781 m			
Pente 12	Pente	0.51 %	0,968	2538,576	901,932

Cercle 12	Rayon	-2550.000 m	63,995	2539,543	901,937
	Sommet Absc.	2552.548 m			
	Sommet Alt.	901.970 m			
Pente 13	Pente	-2.00 %	69,973	2603,538	901,460
Cercle 13	Rayon	6100.000 m	41,463	2673,511	900,061
	Sommet Absc.	2795.487 m			
	Sommet Alt.	898.841 m			
Pente 14	Pente	-1.32 %	92,726	2714,974	899,372
Cercle 14	Rayon	-2900.000 m	61,135	2807,699	898,148
	Sommet Absc.	2769.423 m			
	Sommet Alt.	898.401 m			
Pente 15	Pente	-3.43 %	53,168	2868,834	896,697
Cercle 15	Rayon	-3500.000 m	8,733	2922,002	894,873
	Sommet Absc.	2802.023 m			
	Sommet Alt.	896.930 m			
Pente 16	Pente	-3.68 %	125,043	2930,736	894,562
Cercle 16	Rayon	-7700.000 m	1,537	3055,779	889,961
	Sommet Absc.	2772.610 m			
	Sommet Alt.	895.169 m			
Pente 17	Pente	-3.70 %	191,308	3057,315	889,904
Cercle 17	Rayon	2500.000 m	202,354	3248,624	882,826
	Sommet Absc.	3341.060 m			
	Sommet Alt.	881.116 m			
Pente 18	Pente	4.40 %	17,772	3450,978	883,534
Cercle 18	Rayon	-2800.000 m	95,949	3468,750	884,316
	Sommet Absc.	3591.858 m			
	Sommet Alt.	887.024 m			
Pente 19	Pente	0.97 %	255,350	3564,699	886,892
Cercle 19	Rayon	4200.000 m	160,936	3820,049	889,369
	Sommet Absc.	3779.311 m			
	Sommet Alt.	889.171 m			
Pente 20	Pente	4.81 %	79,772	3980,985	894,016
Cercle 20	Rayon	-6680.887 m	77,141	4060,757	897,851
	Sommet Absc.	4381.556 m			
	Sommet Alt.	905.557 m			
Pente 21	Pente	3.65 %	42,416	4137,898	901,113
Cercle 21	Rayon	-9000.000 m	59,123	4180,314	902,661
	Sommet Absc.	4508.553 m			
	Sommet Alt.	908.648 m			
Pente 22	Pente	2.99 %	161,841	4239,437	904,624
Cercle 22	Rayon	-2800.000 m	104,164	4401,278	909,465
	Sommet Absc.	4485.003 m			
	Sommet Alt.	910.717 m			
Pente 23	Pente	-0.73 %	14,967	4505,443	910,643
Cercle 23	Rayon	-4850.000 m	105,198	4520,410	910,533
	Sommet Absc.	4485.006 m			
	Sommet Alt.	910.663 m			
Pente 24	Pente	-2.90 %	24,720	4625,608	908,624
Cercle 24	Rayon	5700.000 m	202,315	4650,329	907,907
	Sommet Absc.	4815.573 m			
	Sommet Alt.	905.511 m			
Pente 25	Pente	0.65 %	334,793	4852,644	905,632
Cercle 25	Rayon	-8300.000 m	187,593	5187,437	907,809

	Sommet Absc.	5241.417 m			
	Sommet Alt.	907.985 m			
Pente 26	Pente	-1.61 %	106,536	5375,030	906,909
Cercle 26	Rayon	4500.000 m	187,603	5481,566	905,194
	Sommet Absc.	5554.006 m			
	Sommet Alt.	904.611 m			
Pente 27	Pente	2.56 %	166,691	5669,169	906,085
Cercle 27	Rayon	-4500.062 m	143,064	5835,860	910,352
	Sommet Absc.	5951.023 m			
	Sommet Alt.	911.826 m			
Pente 28	Pente	-0.62 %	208,659	5978,923	911,740
Cercle 28	Rayon	7400.000 m	282,558	6187,582	910,446
	Sommet Absc.	6233.461 m			
	Sommet Alt.	910.304 m			
Pente 29	Pente	3.20 %	195,298	6470,140	914,090
Cercle 29	Rayon	-2660.000 m	34,280	6665,438	920,339
	Sommet Absc.	6750.515 m			
	Sommet Alt.	921.700 m			
Pente 30	Pente	1.91 %	763,206	6699,718	921,215
Cercle 30	Rayon	-6130.000 m	155,680	7462,924	935,792
	Sommet Absc.	7579.986 m			
	Sommet Alt.	936.910 m			
Pente 31	Pente	-0.63 %	18,140	7618,604	936,788
				7636,744	936,674
Longueur totale de l'axe 7636.744 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 7638.878 mètre(s)					

Annexe 3 : vérification des conditions d'auto curage du Dalot

Pour une seule cellule de 4* 4 m

Hauteur m	3,20
largeur m	4,00
Debit de transit m3/s	10,41
Surface mouillée sm en m2	12,80
Perimetre mouillé en m	10,40
Rayon hydraulique en m	1,23
K (coefficient de maning stricker)	70,00
Pente (mpm)	0,0150

Le debit calculé par la formule de manning strickler est de:

Q ***126,03*** ***m^3/s***

V ***0,81*** ***m/s***

Condition verifiée (V< 4 m/s)

Condition verifiée (V< 4 m/s)

Condition verifiéee Q< Qs

Conditions d'autocurage

Qps

Hauteur m	4,00
largeur m	4,00
Debit de transit m3/s	166,17
Surface mouillée sm en m2	16,00
Perimetre mouillé en m	12,00
Rayon hydraulique en m	1,33
K (coefficient de maning stricker)	70,00
Pente (mpm)	0,0150

Le debit calculé par la formule de manning strickler est de:

Q ***166,17*** ***m^3/s***

V ***10,39*** ***m/s***

0,1 Qps

Hauteur m	0,75
largeur m	4,00
Debit de transit m3/s	16,62
Surface mouillée sm en m2	3,00
Perimetre mouillé en m	5,50
Rayon hydraulique en m	0,55
K (coefficient de maning stricker)	70,00
Pente (mpm)	0,0150

Le debit calculé par la formule de manning strickler est de:

Q ***17,17*** ***m^3/s***

V ***5,54*** ***m/s***

(Vitesse superieur à 0,6 m/s) - Verifié

0,01 Qps

Hauteur m	0,18
largeur m	4,00
Debit de transit m3/s	1,66
Surface mouillée sm en m2	0,72
Perimetre mouillé en m	4,36
Rayon hydraulique en m	0,17
K (coefficient de maning stricker)	70,00
Pente (mpm)	0,0150

Le debit calculé par la formule de manning strickler est de:

Q ***1,86*** ***m^3/s***

V ***2,31*** ***m/s***

(Vitesse superieur à 0,3 m/s) - Verifié

Cubatures Déblai Remblai

Nom du dessin RN 14.dwg
Nom de l'axe RN14 - Axe RN14
Table associée b40 80km/h
Date du listing 18/06/2022 à 14:24:14

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01-1	0,000	12,500	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
P02	25,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
P03	50,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
P04	75,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
P05	100,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
P06	125,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
P07	150,000	25,000	15,59	0,00	389,6	0,0	389,6	0,0
P08	175,000	25,000	15,95	0,00	398,7	0,0	788,3	0,0
P09	200,000	25,000	14,24	0,43	355,9	10,6	1144,2	10,6
P10	225,000	25,000	11,99	1,40	299,7	35,0	1443,9	45,6
P11	250,000	25,000	8,64	0,60	215,9	14,9	1659,8	60,5
P12	275,000	25,000	6,61	2,61	165,1	65,4	1824,9	125,9
P13	300,000	25,000	10,57	0,00	264,2	0,0	2089,2	125,9
P14	325,000	25,000	21,34	0,00	533,5	0,0	2622,7	125,9
P15	350,000	25,000	20,60	0,00	515,0	0,0	3137,6	125,9
P16	375,000	25,000	24,38	0,00	609,6	0,0	3747,2	125,9
P17	400,000	25,000	26,33	0,00	658,2	0,0	4405,4	125,9
P18	425,000	25,000	23,99	0,00	599,8	0,0	5005,2	125,9
P19	450,000	25,000	19,31	0,00	482,8	0,0	5488,0	125,9
P20	475,000	25,000	11,04	0,00	276,0	0,0	5764,0	125,9
P21	500,000	25,000	10,63	0,60	265,7	14,9	6029,7	140,8
P22	525,000	25,000	9,24	5,00	230,9	125,1	6260,7	265,9
P23	550,000	25,000	40,54	0,00	1013,5	0,0	7274,2	265,9
P24	575,000	25,000	45,88	0,00	1147,1	0,0	8421,3	265,9
P25	600,000	25,000	78,23	0,00	1955,8	0,0	10377,0	265,9
P26	625,000	25,000	65,97	0,00	1649,3	0,0	12026,4	265,9
P27	650,000	25,000	46,33	0,00	1158,2	0,0	13184,5	265,9
P28	675,000	25,000	43,73	0,00	1093,2	0,0	14277,8	265,9
P29	700,000	25,000	31,11	0,05	777,7	1,1	15055,5	267,1
P30	725,000	25,000	19,64	0,00	490,9	0,0	15546,4	267,1
P31	750,000	25,000	7,77	1,22	194,3	30,5	15740,7	297,5
P32	775,000	25,000	11,94	0,00	298,6	0,0	16039,3	297,5
P33	800,000	25,000	26,57	0,00	664,2	0,0	16703,5	297,5
P34	825,000	25,000	45,69	0,00	1142,2	0,0	17845,7	297,5
P35	850,000	25,000	49,83	0,00	1245,7	0,0	19091,5	297,5
P36	875,000	25,000	54,94	0,00	1373,5	0,0	20464,9	297,5
P37	900,000	25,000	48,92	0,00	1223,0	0,0	21687,9	297,5
P38	925,000	25,000	40,84	0,00	1021,0	0,0	22709,0	297,5
P39	950,000	25,000	32,99	0,00	824,8	0,0	23533,8	297,5
P40	975,000	25,000	26,13	0,00	653,1	0,0	24186,9	297,5
P41	1000,000	25,000	23,60	0,00	590,0	0,0	24776,9	297,5
P42	1025,000	25,000	22,79	0,00	569,9	0,0	25346,7	297,5

P43	1050,000	25,000	23,18	0,00	579,5	0,1	25926,2	297,7
P44	1075,000	25,000	24,71	0,00	617,9	0,0	26544,1	297,7
P45	1100,000	25,000	22,50	0,00	562,5	0,0	27106,6	297,7
P46	1125,000	25,000	20,14	0,00	503,4	0,0	27610,0	297,7
P47	1150,000	25,000	23,00	0,00	574,9	0,0	28184,9	297,7
P48	1175,000	25,000	30,87	0,00	771,8	0,0	28956,8	297,7
P49	1200,000	25,000	36,82	0,00	920,5	0,0	29877,3	297,7
P50	1225,000	25,000	56,23	0,00	1405,8	0,0	31283,1	297,7
P51	1250,000	25,000	65,95	0,00	1648,8	0,0	32931,9	297,7
P52	1275,000	25,000	79,64	0,00	1991,0	0,0	34922,9	297,7
P53	1300,000	25,000	105,88	0,00	2646,9	0,0	37569,8	297,7
P54	1325,000	25,000	109,54	0,00	2738,4	0,0	40308,2	297,7
P55	1350,000	25,000	103,29	0,00	2582,4	0,0	42890,5	297,7
P56	1375,000	25,000	97,41	0,00	2435,2	0,0	45325,7	297,7
P57	1400,000	25,000	84,30	0,13	2107,6	3,3	47433,3	301,0
P58	1425,000	25,000	67,32	0,00	1683,0	0,0	49116,3	301,0
P59	1450,000	25,000	58,85	0,00	1471,3	0,0	50587,5	301,0
P60	1475,000	25,000	41,47	0,00	1036,7	0,0	51624,3	301,0
P61	1500,000	25,000	51,18	0,00	1279,5	0,0	52903,7	301,0
P62	1525,000	25,000	29,34	0,00	733,4	0,0	53637,1	301,0
P63	1550,000	25,000	31,09	0,00	777,4	0,0	54414,5	301,0
P64	1575,000	25,000	38,20	0,00	955,0	0,0	55369,5	301,0
P65	1600,000	25,000	56,71	0,00	1417,8	0,0	56787,3	301,0
P66	1625,000	25,000	54,92	0,00	1373,0	0,0	58160,3	301,0
P67	1650,000	25,000	53,35	0,00	1333,7	0,0	59494,0	301,0
P68	1675,000	25,000	51,50	0,00	1287,6	0,0	60781,6	301,0
P69	1700,000	25,000	39,42	0,05	985,4	1,3	61767,1	302,2
P70	1725,000	25,000	22,43	0,05	560,8	1,3	62327,9	303,6
P71	1750,000	25,000	1,60	4,28	39,9	107,0	62367,8	410,6
P72	1775,000	25,000	1,45	3,82	36,4	95,4	62404,1	506,0
P73	1800,000	25,000	10,48	0,23	262,1	5,9	62666,2	511,9
P74	1825,000	25,000	47,43	0,00	1185,8	0,0	63852,1	511,9
P75	1850,000	25,000	59,29	0,00	1482,2	0,0	65334,3	511,9
P76	1875,000	25,000	89,32	0,00	2233,1	0,0	67567,4	511,9
P77	1900,000	25,000	97,88	0,00	2447,0	0,0	70014,4	511,9
P78	1925,000	25,000	127,78	0,00	3194,4	0,0	73208,8	511,9
P79	1950,000	25,000	110,54	0,00	2763,5	0,0	75972,3	511,9
P80	1975,000	25,000	100,93	0,00	2523,2	0,0	78495,5	511,9
P81	2000,000	25,000	60,98	0,00	1524,5	0,0	80020,0	511,9
P82	2025,000	25,000	46,30	0,00	1157,4	0,0	81177,4	511,9
P83	2050,000	25,000	26,14	0,00	653,5	0,0	81830,9	511,9
P84	2075,000	25,000	21,01	0,00	525,2	0,0	82356,1	511,9
P85	2100,000	25,000	17,74	2,52	443,5	62,9	82799,6	574,8
P86	2125,000	25,000	26,42	0,00	660,4	0,0	83460,0	574,8
P87	2150,000	25,000	55,42	0,11	1385,5	2,7	84845,6	577,5
P88	2175,000	25,000	68,24	0,00	1706,0	0,0	86551,5	577,5
P89	2200,000	25,000	61,23	0,00	1530,7	0,0	88082,2	577,5
P90	2225,000	25,000	49,11	0,00	1227,7	0,0	89309,9	577,5
P91	2250,000	25,000	54,51	0,00	1362,7	0,0	90672,6	577,5
P92	2275,000	25,000	30,83	0,00	770,7	0,0	91443,2	577,5
P93	2300,000	25,000	10,98	0,00	274,6	0,0	91717,8	577,5
P94	2325,000	25,000	8,20	0,00	204,9	0,0	91922,8	577,5

P95	2350,000	25,000	14,32	1,56	357,9	39,0	92280,7	616,4
P96	2375,000	25,000	16,27	2,16	406,7	54,0	92687,4	670,4
P97	2400,000	25,000	23,66	3,62	591,4	90,4	93278,8	760,8
P98	2425,000	25,000	20,71	3,69	517,8	92,2	93796,6	853,1
P99	2450,000	25,000	18,23	5,45	455,8	136,2	94252,3	989,3
P100	2475,000	25,000	16,62	15,97	415,4	399,4	94667,7	1388,7
P101	2500,000	25,000	14,80	24,17	370,0	604,3	95037,7	1993,0
P102	2525,000	25,000	14,21	15,41	355,4	385,1	95393,1	2378,1
P103	2550,000	25,000	18,10	1,43	452,6	35,6	95845,6	2413,7
P104	2575,000	25,000	28,81	0,00	720,3	0,0	96565,9	2413,7
P105	2600,000	25,000	21,18	0,00	529,4	0,0	97095,3	2413,7
P106	2625,000	25,000	15,81	7,17	395,3	179,3	97490,7	2593,0
P107	2650,000	25,000	14,49	21,08	362,1	527,1	97852,8	3120,1
P108	2675,000	25,000	11,72	27,08	292,9	677,1	98145,7	3797,2
P109	2700,000	25,000	12,17	30,78	304,2	769,5	98449,9	4566,7
P110	2725,000	25,000	10,38	36,07	259,5	901,7	98709,4	5468,4
P111	2750,000	25,000	10,23	14,44	255,6	361,1	98965,0	5829,4
P112	2775,000	25,000	26,80	0,00	670,0	0,0	99635,0	5829,4
P113	2800,000	25,000	41,26	0,00	1031,4	0,0	100666,4	5829,4
P114	2825,000	25,000	34,95	0,00	873,7	0,0	101540,1	5829,4
P115	2850,000	25,000	46,68	0,00	1167,0	0,0	102707,1	5829,4
P116	2875,000	25,000	76,46	0,00	1911,5	0,0	104618,7	5829,4
P117	2900,000	25,000	118,38	0,00	2959,4	0,0	107578,1	5829,4
P118	2925,000	25,000	94,38	0,00	2359,6	0,0	109937,6	5829,4
P119	2950,000	25,000	71,92	0,00	1798,0	0,0	111735,6	5829,4
P120	2975,000	25,000	69,32	0,06	1732,9	1,6	113468,5	5831,1
P121	3000,000	25,000	91,64	0,00	2290,9	0,0	115759,4	5831,1
P122	3025,000	25,000	112,55	0,00	2813,7	0,0	118573,1	5831,1
P123	3050,000	25,000	112,52	0,00	2812,9	0,0	121386,0	5831,1
P124	3075,000	25,000	108,37	0,32	2709,2	8,0	124095,3	5839,1
P125	3100,000	25,000	96,56	0,28	2414,0	7,0	126509,3	5846,1
P126	3125,000	25,000	73,78	0,02	1844,6	0,6	128353,9	5846,7
P127	3150,000	25,000	56,82	3,51	1420,6	87,7	129774,4	5934,4
P128	3175,000	25,000	58,40	0,78	1460,0	19,4	131234,4	5953,7
P129	3200,000	25,000	67,49	2,21	1687,2	55,3	132921,7	6009,0
P130	3225,000	25,000	55,58	2,83	1389,4	70,8	134311,0	6079,8
P131	3250,000	25,000	40,91	0,37	1022,8	9,3	135333,8	6089,1
P132	3275,000	25,000	25,34	0,01	633,5	0,2	135967,3	6089,3
P133	3300,000	25,000	0,61	15,64	15,3	391,0	135982,6	6480,3
P134	3325,000	25,000	0,36	31,57	9,1	789,3	135991,6	7269,6
P135	3350,000	25,000	0,09	51,23	2,2	1280,6	135993,8	8550,3
P136	3375,000	25,000	0,33	29,06	8,1	726,6	136001,9	9276,8
P137	3400,000	25,000	0,53	4,65	13,3	116,3	136015,2	9393,1
P138	3425,000	25,000	66,53	0,00	1663,3	0,0	137678,6	9393,1
P139	3450,000	25,000	106,40	0,00	2660,1	0,0	140338,7	9393,1
P140	3475,000	25,000	99,35	0,00	2483,7	0,0	142822,4	9393,1
P141	3500,000	25,000	95,00	0,00	2374,9	0,0	145197,3	9393,1
P142	3525,000	25,000	82,23	0,00	2055,8	0,0	147253,1	9393,1
P143	3550,000	25,000	97,01	0,00	2425,3	0,0	149678,4	9393,1
P144	3575,000	25,000	54,41	0,00	1360,2	0,0	151038,6	9393,1
P145	3600,000	25,000	32,20	0,00	805,1	0,0	151843,7	9393,1
P146	3625,000	25,000	2,99	0,54	74,8	13,4	151918,5	9406,5

P147	3650,000	25,000	0,02	59,14	0,5	1478,5	151919,0	10885,0
P148	3675,000	25,000	0,00	78,89	0,0	1972,3	151919,0	12857,4
P149	3700,000	17,834	0,00	147,18	0,0	2624,7	151919,0	15482,1
P150	3710,668	12,500	0,00	0,00	0,0	0,0	151919,0	15482,1
P151	3725,000	19,666	0,00	0,00	0,0	0,0	151919,0	15482,1
P152	3750,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	151919,0	15482,1
P153	3775,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	151919,0	15482,1
P154	3800,000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	151919,0	15482,1
P155	3825,000	25,000	136,63	0,00	3415,6	0,0	155334,7	15482,1
P156	3850,000	25,000	235,56	0,00	5889,1	0,0	161223,8	15482,1
P157	3875,000	25,000	256,53	0,00	6413,3	0,0	167637,1	15482,1
P158	3900,000	25,000	223,80	0,00	5595,1	0,0	173232,1	15482,1
P159	3925,000	25,000	191,09	0,00	4777,3	0,0	178009,4	15482,1
P160	3950,000	25,000	163,77	0,00	4094,1	0,0	182103,6	15482,1
P161	3975,000	25,000	133,75	0,00	3343,8	0,0	185447,4	15482,1
P162	4000,000	25,000	101,66	0,00	2541,5	0,0	187988,9	15482,1
P163	4025,000	25,000	82,66	0,00	2066,5	0,0	190055,4	15482,1
P164	4050,000	25,000	70,28	0,00	1757,1	0,0	191812,5	15482,1
P165	4075,000	25,000	52,47	0,00	1311,7	0,0	193124,2	15482,1
P166	4100,000	25,000	36,68	0,00	917,0	0,0	194041,2	15482,1
P167	4125,000	25,000	28,96	0,00	724,0	0,0	194765,1	15482,1
P168	4150,000	25,000	21,72	0,00	543,0	0,0	195308,1	15482,1
P169	4175,000	25,000	14,98	0,29	374,6	7,4	195682,7	15489,5
P170	4200,000	25,000	11,93	1,76	298,2	44,1	195980,9	15533,6
P171	4225,000	25,000	20,81	0,00	520,3	0,0	196501,2	15533,6
P172	4250,000	25,000	13,75	0,00	343,8	0,0	196845,0	15533,6
P173	4275,000	25,000	13,20	4,62	329,9	115,5	197174,9	15649,1
P174	4300,000	25,000	14,07	3,49	351,7	87,3	197526,7	15736,4
P175	4325,000	25,000	16,02	4,69	400,6	117,1	197927,2	15853,6
P176	4350,000	25,000	24,25	3,24	606,3	80,9	198533,6	15934,5
P177	4375,000	25,000	29,34	0,00	733,6	0,0	199267,2	15934,5
P178	4400,000	25,000	30,86	0,00	771,6	0,0	200038,8	15934,5
P179	4425,000	25,000	26,72	0,00	668,1	0,0	200706,9	15934,5
P180	4450,000	25,000	22,29	0,00	557,2	0,0	201264,1	15934,5
P181	4475,000	25,000	18,47	0,00	461,8	0,0	201725,9	15934,5
P182	4500,000	25,000	17,13	0,03	428,3	0,7	202154,3	15935,1
P183	4525,000	25,000	19,90	0,00	497,6	0,0	202651,8	15935,1
P184	4550,000	25,000	27,18	0,00	679,6	0,0	203331,4	15935,1
P185	4575,000	25,000	27,87	0,00	696,9	0,0	204028,2	15935,1
P186	4600,000	25,000	21,88	0,00	547,0	0,0	204575,3	15935,1
P187	4625,000	25,000	9,79	0,00	244,7	0,0	204820,0	15935,1
P188	4650,000	25,000	5,27	0,24	131,7	6,1	204951,6	15941,2
P189	4675,000	25,000	15,59	0,97	389,7	24,2	205341,3	15965,4
P190	4700,000	25,000	24,29	0,00	607,2	0,0	205948,5	15965,4
P191	4725,000	25,000	22,71	0,00	567,7	0,0	206516,2	15965,4
P192	4750,000	25,000	24,16	0,00	604,0	0,0	207120,2	15965,4
P193	4775,000	25,000	30,14	0,00	753,4	0,0	207873,7	15965,4
P194	4800,000	25,000	32,98	0,00	824,5	0,0	208698,2	15965,4
P195	4825,000	25,000	33,74	0,00	843,5	0,0	209541,6	15965,4
P196	4850,000	25,000	28,33	0,00	708,2	0,0	210249,8	15965,4
P197	4875,000	25,000	24,07	0,00	601,7	0,0	210851,5	15965,4
P198	4900,000	25,000	14,74	0,00	368,6	0,0	211220,1	15965,4

P199	4925,000	25,000	2,37	1,70	59,1	42,5	211279,2	16008,0
P200	4950,000	25,000	0,03	13,19	0,7	329,8	211279,9	16337,8
P201	4975,000	25,000	0,00	10,73	0,0	268,4	211279,9	16606,2
P202	5000,000	25,000	0,00	10,77	0,0	269,2	211279,9	16875,4
P203	5025,000	25,000	0,00	2,82	0,0	70,4	211279,9	16945,8
P204	5050,000	25,000	12,33	0,00	308,2	0,0	211588,1	16945,8
P205	5075,000	25,000	32,34	0,00	808,5	0,0	212396,6	16945,8
P206	5100,000	25,000	42,98	0,00	1074,6	0,0	213471,2	16945,8
P207	5125,000	25,000	56,25	0,00	1406,3	0,0	214877,5	16945,8
P208	5150,000	25,000	39,06	0,00	976,6	0,0	215854,1	16945,8
P209	5175,000	25,000	27,85	0,00	696,1	0,0	216550,2	16945,8
P210	5200,000	25,000	21,96	0,00	549,0	0,0	217099,2	16945,8
P211	5225,000	25,000	25,84	0,00	645,9	0,0	217745,1	16945,8
P212	5250,000	25,000	20,15	0,00	503,8	0,0	218248,9	16945,8
P213	5275,000	25,000	11,96	0,00	299,0	0,0	218547,9	16945,8
P214	5300,000	25,000	1,85	0,14	46,3	3,6	218594,3	16949,4
P215	5325,000	25,000	4,12	0,00	103,0	0,0	218697,2	16949,4
P216	5350,000	25,000	5,37	0,00	134,2	0,0	218831,4	16949,4
P217	5375,000	25,000	9,22	0,00	230,5	0,0	219061,9	16949,4
P218	5400,000	25,000	3,60	0,01	89,9	0,2	219151,8	16949,6
P219	5425,000	25,000	1,55	0,64	38,8	16,0	219190,7	16965,6
P220	5450,000	25,000	3,82	1,28	95,6	31,9	219286,3	16997,5
P221	5475,000	25,000	10,70	0,32	267,6	8,1	219553,9	17005,6
P222	5500,000	25,000	7,96	2,54	199,0	63,5	219752,8	17069,1
P223	5525,000	25,000	5,42	9,96	135,4	249,0	219888,2	17318,1
P224	5550,000	25,000	7,07	8,37	176,7	209,3	220064,9	17527,3
P225	5575,000	25,000	7,51	4,03	187,6	100,8	220252,5	17628,1
P226	5600,000	25,000	8,91	0,44	222,9	11,0	220475,4	17639,1
P227	5625,000	25,000	7,53	0,00	188,3	0,0	220663,7	17639,1
P228	5650,000	25,000	11,55	0,00	288,7	0,0	220952,4	17639,1
P229	5675,000	25,000	9,61	0,00	240,2	0,0	221192,6	17639,1
P230	5700,000	25,000	8,66	0,00	216,5	0,0	221409,1	17639,1
P231	5725,000	25,000	7,49	0,00	187,3	0,0	221596,4	17639,1
P232	5750,000	25,000	5,91	3,95	147,7	98,9	221744,0	17738,0
P233	5775,000	25,000	6,53	5,24	163,3	130,9	221907,4	17868,8
P234	5800,000	25,000	9,64	4,85	241,0	121,3	222148,4	17990,1
P235	5825,000	25,000	11,02	2,25	275,4	56,2	222423,8	18046,3
P236	5850,000	25,000	11,82	1,05	295,5	26,2	222719,3	18072,5
P237	5875,000	25,000	15,85	0,80	396,3	20,1	223115,6	18092,6
P238	5900,000	25,000	13,45	1,31	336,4	32,7	223451,9	18125,3
P239	5925,000	25,000	4,32	5,35	107,9	133,6	223559,9	18259,0
P240	5950,000	25,000	1,89	5,89	47,3	147,2	223607,1	18406,2
P241	5975,000	25,000	3,52	0,30	88,1	7,6	223695,2	18413,7
P242	6000,000	25,000	16,70	0,00	417,6	0,0	224112,8	18413,7
P243	6025,000	25,000	16,81	0,00	420,4	0,0	224533,2	18413,7
P244	6050,000	25,000	6,12	0,00	153,1	0,0	224686,3	18413,7
P245	6075,000	25,000	1,86	6,06	46,4	151,5	224732,7	18565,2
P246	6100,000	25,000	1,34	7,58	33,5	189,5	224766,2	18754,8
P247	6125,000	25,000	3,58	3,85	89,6	96,2	224855,8	18851,0
P248	6150,000	25,000	17,24	0,00	431,1	0,0	225286,9	18851,0
P249	6175,000	25,000	34,37	0,00	859,2	0,0	226146,0	18851,0
P250	6200,000	25,000	29,52	0,00	738,1	0,0	226884,2	18851,0

P251	6225,000	25,000	15,77	0,00	394,2	0,0	227278,4	18851,0
P252	6250,000	25,000	10,93	5,18	273,3	129,6	227551,6	18980,6
P253	6275,000	25,000	11,70	4,22	292,5	105,4	227844,1	19086,0
P254	6300,000	25,000	12,07	0,00	301,8	0,0	228145,9	19086,0
P255	6325,000	25,000	12,28	0,00	306,9	0,0	228452,8	19086,0
P256	6350,000	25,000	12,26	0,00	306,5	0,0	228759,3	19086,0
P257	6375,000	25,000	12,61	0,00	315,2	0,0	229074,5	19086,0
P258	6400,000	25,000	9,08	0,00	226,9	0,0	229301,4	19086,0
P259	6425,000	25,000	4,11	0,00	102,8	0,0	229404,2	19086,0
P260	6450,000	25,000	1,82	3,72	45,5	92,9	229449,7	19178,9
P261	6475,000	25,000	1,85	5,76	46,3	144,1	229496,0	19323,0
P262	6500,000	25,000	5,95	2,98	148,7	74,6	229644,7	19397,6
P263	6525,000	25,000	12,63	0,03	315,7	0,8	229960,4	19398,3
P264	6550,000	25,000	16,94	0,00	423,4	0,0	230383,9	19398,3
P265	6575,000	25,000	12,19	0,00	304,6	0,0	230688,5	19398,3
P266	6600,000	25,000	9,13	0,00	228,2	0,0	230916,7	19398,3
P267	6625,000	25,000	16,69	0,00	417,2	0,0	231333,9	19398,3
P268	6650,000	25,000	23,53	0,00	588,3	0,0	231922,3	19398,3
P269	6675,000	25,000	22,29	0,00	557,3	0,0	232479,5	19398,3
P270	6700,000	25,000	22,00	0,00	550,1	0,0	233029,6	19398,3
P271	6725,000	25,000	22,32	0,00	558,0	0,0	233587,6	19398,3
P272	6750,000	25,000	22,92	0,00	573,0	0,0	234160,6	19398,3
P273	6775,000	25,000	9,27	0,00	231,8	0,0	234392,5	19398,3
P274	6800,000	25,000	4,95	0,00	123,7	0,0	234516,1	19398,3
P275	6825,000	25,000	3,48	0,40	86,9	10,1	234603,0	19408,4
P276	6850,000	25,000	2,16	1,77	54,1	44,2	234657,1	19452,6
P277	6875,000	25,000	2,56	1,32	63,9	32,9	234721,1	19485,5
P278	6900,000	25,000	6,25	0,69	156,3	17,2	234877,3	19502,8
P279	6925,000	25,000	9,26	0,00	231,4	0,0	235108,7	19502,8
P280	6950,000	25,000	17,38	0,00	434,4	0,0	235543,1	19502,8
P281	6975,000	25,000	11,03	0,00	275,7	0,0	235818,9	19502,8
P282	7000,000	25,000	6,07	0,00	151,7	0,0	235970,6	19502,8
P283	7025,000	25,000	2,06	3,38	51,5	84,6	236022,0	19587,4
P284	7050,000	25,000	1,31	5,82	32,8	145,5	236054,8	19732,9
P285	7075,000	25,000	0,96	6,76	23,9	169,1	236078,8	19902,0
P286	7100,000	25,000	0,15	6,92	3,8	173,1	236082,5	20075,1
P287	7125,000	25,000	0,35	7,05	8,8	176,3	236091,4	20251,4
P288	7150,000	25,000	0,58	7,08	14,6	177,0	236105,9	20428,3
P289	7175,000	25,000	0,61	7,88	15,3	197,1	236121,2	20625,5
P290	7200,000	25,000	1,27	7,81	31,8	195,2	236153,0	20820,6
P291	7225,000	25,000	2,30	7,49	57,6	187,1	236210,5	21007,7
P292	7250,000	25,000	5,38	7,95	134,5	198,9	236345,0	21206,6
P293	7275,000	25,000	5,89	7,38	147,4	184,4	236492,4	21391,0
P294	7300,000	25,000	10,32	2,78	257,9	69,5	236750,3	21460,6
P295	7325,000	25,000	18,44	0,37	460,9	9,2	237211,2	21469,7
P296	7350,000	25,000	16,07	0,01	401,7	0,2	237613,0	21470,0
P297	7375,000	25,000	20,51	0,00	512,7	0,0	238125,7	21470,0
P298	7400,000	25,000	26,98	0,00	674,5	0,0	238800,2	21470,0
P299	7425,000	25,000	29,96	0,00	749,0	0,0	239549,1	21470,0
P300	7450,000	25,000	27,91	0,00	697,7	0,0	240246,8	21470,0
P301	7475,000	25,000	38,71	0,00	967,9	0,0	241214,7	21470,0
P302	7500,000	25,000	25,60	0,00	640,0	0,0	241854,7	21470,0

P303	7525,000	25,000	14,15	0,00	353,8	0,0	242208,5	21470,0
P304	7550,000	25,000	13,00	0,00	325,1	0,0	242533,6	21470,0
P305	7575,000	25,000	15,69	0,00	392,3	0,0	242925,9	21470,0
P306	7600,000	25,000	24,61	0,00	615,3	0,0	243541,2	21470,0
P307	7625,000	23,187	26,62	0,00	617,2	0,0	244158,4	21470,0
P308	7646,374	10,687	0,00	0,00	0,0	0,0	244158,4	21470,0